

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRICOLAS



**INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA O ENERGÉTICA SOBRE LA
DIGESTION TOTAL Y LA PRODUCCION DE PROTEINA MICROBIAL EN NOVILLOS
ALIMENTADOS A BASE DE PASTO BERMUDA CRUZA 1**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS

PRESENTA

BILL HENRY GUTIÉRREZ NORALES

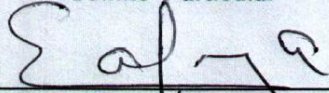
DIRECTOR DE TESIS

Dr. ENRIQUE G. ÁLVAREZ ALMORA

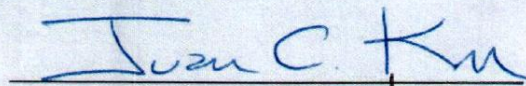
La presente tesis titulada **"Influencia de la suplementación proteica o energética sobre la digestión total, y producción de proteína microbial en novillos alimentados a base de pasto bermuda cruz 1"**, realizada por el C. **Bill Henry Gutiérrez Norales**, dirigida por el **Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora** ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

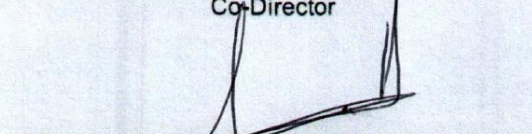
Comité Particular



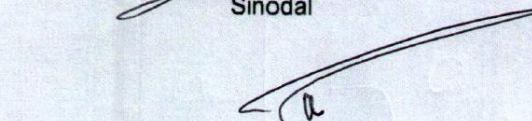
Dr. Enrique G. Álvarez Almora
Director de tesis



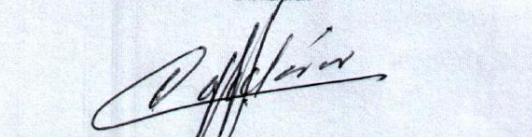
Dr. Juan Carlos Ku Vera
Co-Director



Dra. Noemí G. Torrentera Olivera
Sinodal



Dr. Jesús Santillano Cázares
Sinodal



Dr. David Calderón Mendoza
Sinodal

Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México; Junio de 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por permitirme cumplir esta meta trazada.

Al consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero brindado, con el cual fue posible la obtención de este Posgrado.

A la Universidad Autónoma de Baja California, al Instituto de Ciencias Agrícolas por permitirme seguir con mi superación profesional.

Al Dr. Enrique Álvarez Almora por su amistad, apoyo, paciencia y conocimientos transmitidos durante este tiempo y por ser el director de este proyecto. Gracias.

A cada uno de los miembros de mi comité por sus valiosas aportaciones y consejos durante el desarrollo de este proceso.

A todo el personal técnico y académico del ICA, que me abrieron sus puertas y que de alguna manera directa o indirecta aportaron al desarrollo de este proceso. Muchas gracias.

A mi esposa Samantha Perard y mi hijo Bradley por su motivación y apoyo en todo momento. Gracias

Al Dr. Richard Zinn, Carl Adam, Dra. Esmeralda Rodríguez por su apoyo para la realización de los análisis de laboratorio de este experimento.

A mis hermanitos Eudor Vázquez, Abril y Martin y a todos mis amigos y compañeros de quienes siempre recibí motivación y buena vibra para realizar y culminar mis estudios de posgrado. Gracias por haber estado allí conmigo siempre.

DEDICATORIAS

A Dios por todas las bendiciones que me da.

A mis padres por brindarme apoyo incondicional en todo momento, consejos a lo largo de mi vida y por haber confiado en mí siempre.

A Samantha Perard mi socia en el matrimonio quien hace que mi vida sea completa.

A mi hijo Bardley Sam por ser motivación para serle un ejemplo digno de imitar.

A mis hermanos por ese gran cariño que nos une, pero sobre todo por las palabras de ánimo que me impulsaron a lograr esta meta.

NOMENCLATURA

AA	Aminoácidos
AGV	Ácidos grasos volátiles
ALM	Almidón
CEL	Celulosa
d	Día
EA	Energía alta
EB	Energía baja
ED	Energía digestible
Ef M	Eficiencia microbial
Ef N	Eficiencia del nitrógeno
EE	Error estándar
EM	Energía metabolizable
FDA	Fibra detergente acida
FDN	Fibra detergente neutra
h	Hora
LIG	Lignina
MO	Materia orgánica
MOM	Materia orgánica microbial
N	Nitrógeno
N-M	Nitrógeno microbial
N-A	Nitrógeno amoniacal
NNA	Nitrógeno no amoniacal
PA	Proteína alta
PB	Proteína baja
PBerm	Pasto bermuda
PC	Proteína cruda
PSOY	Pasta de soya
PDR	Proteína degradable en rumen
PNDR	Proteína no degradable en rumen
PV	Peso vivo
SE	Suplemento energético
SP	Suplemento proteico
TG	Testigo
TRV	Trigo rolado al vapor
TMT	Tratamientos

ÍNDICE TEMÁTICO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
NOMENCLATURA.....	ix
ÍNDICE TEMÁTICO.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE TABLE.....	ix
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.Hipótesis	2
1.2.Objetivo	2
II.REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.Valores de composición nutricional de gramíneas tropicales.....	3
2.2.Reguladores de consumo de forraje	6
2.3.Suplementación proteica.....	8
2.3.1.Influencia de la suplementación proteica sobre el consumo	8
2.3.2.Efecto sobre la utilización de aminoácidos.....	11
2.3.3.Influencia sobre la eficiencia de utilización del alimento	13
2.4.Suplementación energética.....	14
2.4.1.Influencia de la suplementación energética sobre el consumo voluntario.....	14
2.4.2.Efecto sobre el requerimiento energético del animal.....	15
2.4.3.Suplementación energética y consumo en pastoreo.....	15
2.4.4.Recambio de proteína y el metabolismo energético	17
2.4.5.Efecto sustitutivo en el consumo de forraje.....	18
2.4.6.Cambios en el patrón de fermentación.....	19

III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1.Localización	21
3.2.Tratamientos	21
3.3.Unidades experimentales.....	22
3.4.Forraje.....	23
3.5.Suplementación	23
3.6.Colección de muestras.....	24
3.7.Análisis de laboratorio.....	25
3.7.1.Forraje y concentrado	25
3.7.2.Líquido ruminal.....	26
3.8.Análisis Estadístico	27
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
V.CONCLUSIONES.....	43
VI.LITERATURA CITADA.....	44
ARTÍCULO I.....	52
ABSTRACT	53
1.INTRODUCTIONS.....	54
2.MATERIALS AND METHODS.....	54
2.1 Animals and Diets.	54
2.2 Estimation of Dietary NE.	55
2.3 Statistical Design and Analysis.	56
3.RESULTS AND DISCUSSION.....	56
4.IMPLICATIONS.....	57
5.REFERENCES.....	58
ARTÍCULO II.....	61
ABSTRACT	62
1. INTRODUCTION.....	62
2.MATERIALS AND METHODS.....	63
2.1 Trial 1	63
2.2 Trial 2	65
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	66
3.1 Trial 1	66

3.2 Trial 2	68
4. CONCLUSION.....	69
5. DISCLOSURE STATEMENT.....	69
6. REFERENCES.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición y características químicas de diferentes gramíneas	5
Cuadro 2. Composición química del heno y suplemento.....	23
Cuadro 3. Consumo total de nutrientes por novillos Holstein alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV.	27
Cuadro 4. Flujo de nutrientes a duodeno en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV..	29
Cuadro 5. Digestión ruminal, síntesis microbial y eficiencia de uso del nitrógeno en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV..	32
Cuadro 6. Digestión post-ruminal en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV..	37
Cuadro 7. Digestión total en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV.	40
Cuadro 8. Características de la fermentación ruminal en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV.....	42

ÍNDICE DE TABLE

Article I	52
Table 1. Treatments effects on 90-d feedlot growth performance, and dietary NE of calf-Holstein steers	60
Article II	61
Table 1. Composition of experimental diets fed to steers (Trial 1).	72
Table 2. Composition of experimental diets fed to steers (Trial 2).	73
Table 3. Nutrient composition of triticale and corn used in Trials 1 and 2	74
Table 4. Treatment effects on growth-performance of feedlot steers and NE value of the diet (Trial 1).	74
Table 5. Treatment effects on characteristics of digestion	75

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la suplementación proteica o energética sobre digestión total de la fracción fibrosa, cinética ruminal y sus componentes nitrogenados en novillos consumiendo pasto Bermuda. Se utilizaron 5 novillos cruzados y Holstein x Brahman (135 ± 4) consumiendo una dieta basal de pasto Bermuda Cruza I (*Cynodon dactylon*) distribuidos en un diseño cuadrado latino en cinco tratamientos: testigo (**TGO**), baja proteína (**LP; 0.3 g/kg del PV**), alta proteína (**HP; 0.6 g/kg del PV**), baja energía (**LE; 0.4% del PV**) y alta energía (**HE; 0.8% del PV**). El testigo fue solo zacate Bermuda, la suplementación proteica (**SP**) fue a base de pasta de soya (**PSOY**) y la suplementación energética a base de trigo rolado (**TRV**), ambas se asignaron individualmente dos veces al día y los animales. Los datos se analizaron mediante contrastes ortogonales con el programa estadístico SAS 9.1. La adición de proteína como pasta de soya no presentó ($P > 0.05$) influencia en la digestión en rumen y total de la mayoría de los componentes de la dieta (MO, FDN, FDA, CEL, N y ALM). La suplementación con energía aumentó la digestión de la materia orgánica ($P < 0.01$) en el rumen, aunque esto fue principalmente a causa de la mayor ($P < 0.01$) digestión del almidón. La suplementación energética causó un aumento ($P < 0.01$) la energía digestible. La adición de energía presentó mayor ventaja en los parámetros de digestión frente a la adición de proteína en la utilización de nutrientes, aun cuando los animales estuvieron en etapa de crecimiento.

Palabras claves: *Pasto Bermuda, Suplementación proteica, Suplementación energética*

ABSTRACT

The effect of protein or energy supplementation on total digestion of the fibrous fraction, ruminal kinetics and nitrogenous components in steers consuming Bermuda grass was evaluated. 5 crossbred steers and Holstein x Brahman (135 ± 4) were used consuming a basal diet of bermudagrass Cross I (Cynodon dactylon) distributed in a Latin square design in five treatments: control (TGO), low protein (LP; 0.3 g / kg of BW, high protein (HP 0.6 g / kg BW), low energy (LE, 0.4% BW) and high energy (HE 0.8% of BW). the witness was only bermudagrass, protein supplementation (SP) was based on soybean meal (PSY) and energy supplementation based on steam flake wheat (TRV), both individually assigned twice daily and animals. The data were analyzed by orthogonal contrasts with the statistical program SAS 9.1. The addition of protein as soybean meal did not present ($P > 0.05$) influence on the digestion in the rumen and total of the majority of the components of the diet (MO, NDF, ADF, CEL, N and ALM). The energy supplementation increased digestion of organic matter ($P < 0.01$) in the rumen, although this was mainly because of the higher ($P < 0.01$) digestion of the starch. Energy supplementation caused an increase ($P < 0.01$) on energy digestibility. The addition of energy present greater advantage in the parameters of digestion compared the addition of protein in the utilization of nutrients, even when the animals were in growing.

Keywords: *Bermuda grass, Protein supplementation, Energy supplementation*

I. INTRODUCCIÓN

Los engordadores de ganado en el Valle de Mexicali pastorean sus animales en praderas irrigadas de zacate bermuda (*Cynodon dactylon* L.) por un periodo de 180 – 210 días, lo que abarca primavera, verano y parte del otoño dependiendo de las temperaturas óptimas para el rebrote y crecimiento. (Vargas y Yañez, 1996). En el año 2006 el total de hectáreas sembradas de Pasto bermuda asciende a 1,385 (SAGARPA, 2006), con una producción mensual de 3,330 kg MS/ha (Vargas et al., 2002).

Los suplementos son frecuentemente requeridos para satisfacer las necesidades nutritivas del ganado que tienen altos requerimientos de energía y proteína (Gárces-Yépez et al., 1997). Varios estudios plantean la hipótesis que la proteína es el principal limitante para el crecimiento en pastoreo pero el aumento de consumo de forraje provocado por los suplementos proteicos se traducen en incrementos en el consumo de energía dado que se favorece la síntesis y actividad microbiana generandose mayor cantidad de productos de la fermentación ruminal como proteína microbial y ácidos grasos volátiles, por unidad de materia seca consumida (Nocek y Russell, 2001). Es por esto que cuando el contenido de nitrógeno en el forraje es mínimo, al adicionar suplementos proteicos como pasta de soya, harinolina, gluten de maíz o urea, entre otros, han resultado en incrementos en la tasa de digestión y pasaje, digestibilidad de la fibra y en consecuencia del consumo voluntario, (DelCurto et al., 1990a; Koster et al., 1996; Bodine et al., 2000). En contraste los concentrados que contienen almidón, adicionados a dietas a base forraje usualmente disminuyen su consumo y la digestión de la fibra y su utilización (Chase y Hibberd, 1987; Olson et al., 1999; Moore et al., 1999). Zinn y Shen (1998)

sugieren que la respuesta a cualquier tipo de suplementación se fundamenta en la capacidad de llenado, la tasa de digestión y el balance de nutrientes, porque con niveles medios o relativamente altos de proteína en el forraje basal, la respuesta a la suplementación es condicionada al llenado de los requerimientos de energía.

Sin embargo, no existe suficiente evidencia experimental si la suplementación proteica o energética es limitante sobre la cinética de la digestión total del pasto bermuda bajo una condición de una región desértica en donde la condición climática altera el patrón de requerimientos establecidos por los estándares de alimentación. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación proteica o energética sobre la digestión total, cinética ruminal, y sus componentes nitrogenados, digestibilidad de la fibra en novillos consumiendo pasto Bermuda en el Valle de Mexicali.

1.1. Hipótesis

La suplementación proteica o energético en novillos consumiendo pasto bermuda presentará mayor influencia sobre la cinética de la digestión de la fracción fibrosa antes que la proteica pero no así sobre la digestión total de nutrientes.

1.2. Objetivo

Evaluar el efecto de la suplementación proteica o energética sobre la digestión total, cinética ruminal, y sus componentes nitrogenados, digestibilidad de la fibra en novillos consumiendo pasto Bermuda en el Valle de Mexicali.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Valores de composición nutricional de gramíneas tropicales.

Los pastos y forrajes constituyen la principal fuente de alimento natural de los herbívoros por el cual no existe competencia con la alimentación humana. En los últimos años con el crecimiento de la tecnología en la producción ganadera así como de la capacidad productiva animal en el mundo, ha traído como consecuencia una mayor exigencia de conocimientos sobre el valor alimenticio de los forrajes que puedan servir para su alimentación. La producción de bovinos en México se desarrolla mayoritariamente en pastoreo con especies forrajeras nativas o introducidas (Joaquín, 1996). El valor nutricional de un forraje está en función de su composición química (energía, proteína, vitaminas y minerales), las características fisicoquímicas de su fibra, su gustosidad y las interacciones asociadas con otros ingredientes en la dieta (Zinn et al., 2004), por lo tanto; el nivel de respuesta animal dependerá mayormente de su fisiología y su potencial genético (Palma, 1996). La calidad nutricional de los forrajes está influenciada por diferentes factores como ser la temperatura, humedad, especie, etapa fenológica. Es bien conocido que los forrajes tropicales tienen un valor alimenticio menor que los de zonas templadas y se clasifican dentro de la categoría de alimentos toscos o groseros con fuerte proporción de componentes de pared celular (fibra bruta > 30%) y bajos contenidos en elementos nitrogenados; estos dos elementos son los principales factores que restringen su consumo y digestibilidad. Pastos de estación cálida, como el bermuda (*Cynodon dactylon* L.) son generalmente altos en FDN (73%), bajos en ED (56.5%), y PC (9%), de tal forma que limitan su nivel de consumo voluntario, es por eso que

los suplementos son a menudo necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales de energía y proteínas del ganado (Goetsch et al., 1991; Poppi et al., 1995 y Moore et al., 1995). El nivel de FDN del forraje no solo impacta los procesos digestivos, sino también sobre el nivel de consumo de energía. El tiempo de permanencia afecta el proceso fibrolítico en el rumen lo cual depende del tamaño inicial de la partícula (Rodríguez et al.; 2001). El nivel de FDN del forraje no solo impacta sobre los procesos digestivos sino también sobre el nivel de consumo de energía. Hill et al. (2000) reportan valores de FDN para pasto bermuda de variedades Coastal, Tifton 78 y Tifton 85 de 71.6, 72.5 y 74.6 % respectivamente. Wheeler et al. (2002) reporta valores de 75.4 % en pasto bermuda, en cambio Van Soest (1982) reporta para alfalfa valores 40 %. El tiempo en que la fibra está expuesta al proceso fibrolítico en el rumen está influenciado por el tamaño inicial de la fibra, la tasa de reducción del tamaño de la partícula, la densidad de la partícula y la tasa de digestión, lo cual repercute sobre los valores de digestibilidad para los diferentes forrajes. Según los valores reportados por NRC (1996) la magnitud de la digestión ruminal de la fibra es una función de la tasa de digestión (K_d) y tasa de pasaje (K_p); para el alfalfa y pasto bermuda demuestran esto. La alfalfa de floración temprana, y el pasto bermuda fresco tienen similares valores de TND de 60% y 64% respectivamente, aunque la digestión de la fibra detergente neutro (FDN) del heno de alfalfa es de 45%, mientras el valor del pasto bermuda es 65%. El pasto bermuda es más digestible, y en este aspecto, parece ser la mejor opción, pero la fibra de la alfalfa se rompe más fácilmente, reduciéndose casi a la mitad el tiempo de retención en rumen comparado con el pasto bermuda, Ware (2004) encontró que cuando aumenta la tasa de digestión de los forrajes, o cuando pasan más rápidamente en el rumen, aumenta su valor energético. Rodríguez et al., (2001) encontraron valores de

digestibilidad in vitro entre 60 a 78 % en ballico anual mientras que en Bermuda entre 62.5 a 66.9 %. Estas diferencias en valor energético e impacto de la fibra sobre el rendimiento nutricional pueden explicar las diferencias en el comportamiento de ganado de carne en pastoreando ballico anual en el que se reportan ganancias en promedio de 0.54 a 0.76 kg/animal/día (Navarro et al., 1984) inferiores a las obtenidas en pastoreo de variedades de bermuda Coastal, Tifton 78 y Tifton 85 obteniendo valores de 0.65, 0.74 y 0.72 kg/animal/día respectivamente (Hill et al., 1997).

Cuadro 1. Composición y características químicas de diferentes gramíneas

Forraje	^a Nutrientes								
	PC	FDN	FDA	Lignina	Cel	Hcel	Cen	Alm	Autor
Bermuda	12.1	79.3	38.1	5.5	29.7	41.2	8.6	-	Jones et al., 1988
	10.3	75.4	44.7	8.6	-	-	6.0	-	Wheeler et al.; 2002
	10.1	74.9	36.8	5.8	29.0	38.8	8.0	4.7	Galloway et al.; 1993
Pangola	11.0	70.0	-	7.0	34.0	29.0	10.0		Van Soest, 1982
Guinea	9.0	70.0	-	8.0	35.0	26.0	9.0		
Timothy	7.0	68.0	-	7.3	31.0	29.0	20.0		
Maíz	7.7	41.2	24.4	2.3	25.8	3.8	30.5		Dann et al.; 2008

^aNutrientes: FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente acida, PC: proteína cruda, Cel: celulosa, Hcel: hemicelulosa, Cen = Cenizas, Alm = Almidon.

La proteína es normalmente considerada como el principal nutriente limitante en muchos forrajes debido a que esta es requerida por los microorganismos del rumen, así como por los tejidos del animal (Bowman y Sansón, 1996; Villalobos y

Guarneros, 2002). Su deficiencia puede afectar negativamente la productividad animal (Bohnert et al., 2011). Diversos autores plantean que un contenido de proteína de aproximadamente 7 % es el nivel mínimo requerido en la dieta de los rumiantes en pastoreo para mantener la función ruminal y un equilibrio positivo del nitrógeno en el organismo. Para contenido de proteína cruda se han reportado en pasto Bermuda valores 9.5 a 15.1 % (Jones et al., 1988; Hill et al., 2001), para ballico anual de 13.8 % (Álvarez et al., 2008) y para alfalfa de 16 a 22 % (Van Soest, 1982; West et al., 1997).

2.2. Reguladores de consumo de forraje

El consumo voluntario se define como la cantidad total de alimento consumido por día, sin embargo cuando está solo influenciado por los mecanismos de regulación y satisface los requerimientos del animal se le llama consumo voluntario *ad libitum* (Forbes, 1986). Cuando una dieta es alta en forrajes, el consumo voluntario es el factor que determina la cantidad de energía digestible de que el animal dispone porque entonces factores como la estructura física y química de los componentes fibrosos modifican la velocidad y nivel de utilización de los forrajes. El rumen tiene un límite superior en su capacidad física. Al disminuir la tasa de digestión de la fibra, la cantidad de materia orgánica lentamente digerible en el rumen aumenta (Zinn et al., 2004) y por tanto el consumo voluntario disminuye (Allison, 1985).

La cantidad de alimento que ingiere un animal en pastoreo depende de la disponibilidad y calidad del forraje, por tal razón es necesario determinar el consumo

aparente en las distintas fases de producción (Aranda y Osorio, 1996). Para Allison (1985) la cantidad de materia seca de forraje ingerida por un animal es considerado como el factor más importante que regula la producción de rumiantes; sin embargo, el valor de un forraje en la producción animal depende más la cantidad consumida más allá de su composición química. Según Montague et al., (1986) y Minson (1990) el consumo y la digestibilidad de forraje en animales en pastoreo son los factores más importantes que determinan el nivel de producción. Pero existen grandes limitaciones para su estimación, debido a que los bovinos en pastoreo presentan una alta selectividad y los hábitos de pastoreo se pueden modificar por la salud del animal, las condiciones climatológicas y los factores de orden etológico (Mertens, 1987). Para la NRC (1987) en bovinos de carne, se debe conocer o predecir el consumo voluntario para determinar la proporción del requerimiento que puede cubrir el forraje y así poder cubrir el déficit mediante un suplemento. Se sabe que ciertas variables del comportamiento animal en pastoreo pueden limitar el consumo de forraje en pastoreo (Stobbs, 1973). Entre estas variables se pueden mencionar, el tiempo de pastoreo y la tasa de consumo que está determinado por el peso del bocado y el número del mismo por unidad de tiempo. El número y el peso del bocado están relacionados directamente con la altura, cantidad y densidad de forraje disponible. Hasta cierto punto el animal puede compensar una reducción de la tasa de consumo con un incremento en el tiempo en pastoreo (Galli et al., 1996). Cuando una dieta es alta en forrajes, el consumo voluntario es el factor que determina la cantidad de energía digestible del cual el animal dispone dado que factores como la estructura física y química de los componentes fibrosos modifican la velocidad y el nivel de utilización de los forrajes. Al disminuir la tasa de digestión de la fibra, la cantidad de materia orgánica lentamente digestible en el rumen

aumenta (Zinn et al., 2004). La digestibilidad depende del tiempo de permanencia del alimento en la cavidad retículo-rumen, el tiempo promedio de retención y la digestión de partículas han sido considerados limitantes para el consumo de forraje (Ibrahim et al., 1988). Así mismo el volumen ruminal es mayor cuando la dieta contiene mayor cantidad de forraje, sin embargo, el volumen limita el consumo voluntario de alimento en dietas altas en forrajes (Owens y Goetsch, 1988). Según Grovum, (1987) los principales factores que afectan el consumo voluntario de los forrajes de baja calidad son: la relación energía-proteína (estatus de N) en los nutrientes absorbidos, la digestión en el retículo-rumen y la gustosidad. Minson (1981) propuso tres teorías sobre el consumo del animal, planteando que el consumo es limitado por la distensión ruminal, por mecanismos de ajustes del comportamiento durante el consumo y factores metabólicos, o la interacción de estos factores.

2.3. Suplementación proteica

2.3.1. Influencia de la suplementación proteica sobre el consumo

La proteína es normalmente considerada como el principal nutriente limitante, sin embargo, el aumento de consumo de forraje con suplementos de proteína da lugar a incrementos adecuados en el consumo de energía (Bowman y Sanson, 1996).

La degradabilidad ruminal de la proteína de los alimentos es un factor importante que afecta al aporte de aminoácidos al intestino delgado en rumiantes. La velocidad y la cantidad total de proteína degradada en el rumen pueden

condicionar la cantidad de proteína bacteriana sintetizada en el rumen y determinar la cantidad total de proteína alimenticia no degradada que llega al duodeno. La cantidad de proteína degradada en el rumen depende en gran medida de la actividad proteolítica de las bacterias del rumen, el acceso de las bacterias a la proteína y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen (NRC, 1985). La actividad fibrolítica microbiana puede ser mejorada mediante la suplementación de PDR. Según Mertens (1994) la respuesta a la suplementación proteica se ve favorecida cuando el forraje contiene menos del 80% de NDF. Pero independientemente del contenido de carbohidratos no estructurales, la suplementación energética puede reducir la ingesta de PDR en relación al total de nutrientes digestibles de la dieta y causar efectos negativos asociados con la digestión de la fibra (Bodine et al., 2001). Cuando las dietas son deficientes en PDR, los microorganismos de rumen son incapaces de crecer a tasas suficientes para fermentar la fibra potencialmente degradable. Según Hoover y Stokes (1991), la eficacia máxima de síntesis de proteína bacteriana y el mayor aporte de proteína bacteriana al duodeno se alcanza en dietas que contienen entre el 10 y el 13 % de PDR. Según Mathis et al., (2000), la suplementación proteica en pasto bermuda de buena calidad (8.2%PC, 70.8%NDF) no provoca efecto sobre el consumo o la digestión; cuando no se suplemento con PDR, la digestibilidad total de la materia orgánica consumida se maximizó así también la concentración ruminal de amoníaco; al contrario cuando se adicionó PDR observo una respuesta negativa sobre el consumo y la proporción de acetato, la concentración.

El total de proteína que llega a duodeno consiste en la suma de la proteína microbiana sintetizada en el rumen, la proteína alimenticia no degradada en rumen, y el nitrógeno endógeno. La proteína microbiana contribuye en una porción

sustancial al total de la proteína cruda disponible en el intestino. Debido a que la composición de aminoácidos de la proteína bacteriana es bastante constante, la modificación del perfil de aminoácidos de la proteína disponible en el intestino delgado es difícil de conseguir. Para su modificación, es necesario que los suplementos proteicos se incluyan en las raciones (Stern et al., 1994). Krysl y Hess (1993) mencionan que al suplementar proteína a novillos en pastoreo puede incrementar el consumo de forraje y la eficiencia del pastoreo. De la misma manera coinciden en que los suplementos de proteína ofrecidos al ganado que pastorea forraje de baja calidad aumenta la eficiencia en el cosechado a partir de ocho hasta 60 %, comparados con ganado no suplementado. Donalson et al., (1991) reportan que el consumo y la digestibilidad de la MS total y del forraje se ve favorecido cuando se suplementa proteína de bajo y alto escape en novillos en pastoreo de ryegrass. También se ha observado un efecto positivo de la infusión de caseína sobre el consumo voluntario, al usar dietas a base de forrajes pobres, debido al incremento de la digestibilidad y el flujo de nutrientes (Garza et al., 1991).

Información publicada por Coomer *et al.*, (1993) sugiere que los incrementos en el comportamiento productivo de bovinos son más consistentes cuando la proteína cruda suplementaria es aportada por fuentes ruminalmente degradables vs no degradables. En contraste, Mejía et al., (2003) señalaron que los suplementos de proteína degradable y no degradable en el rumen ofrecidos a los toretes y las vaquillas Salers pastoreando una pradera de ballico-avena, no influyeron sobre la ganancia diaria de peso.

Se ha indicado que al suplementar novillos en pastoreando forrajes inmaduros (bromus, centeno o trigo) de alta calidad con proteína de escape existe una mayor respuesta en la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia debido a un suficiente aporte de aminoácidos (Richards et al., 2001). Bodine et al (2001) al suplementar animales con un concentrado que contenía cascarilla de soya-trigo (PDR: 335 g/d, TDN: 74.1) al 1 % de PV contra dieta testigo de solo pasto bermuda, encontró diferencias en ganancia diaria de peso de 0.47 vs 0.63 kg/d y de 43 vs 61 kg total de ganancia de peso respectivamente. En un estudio desarrollado por Garcés et al., (1997) encontraron diferencias en ganancia diaria de peso en novillos pastoreando pasto bermuda y suplementado con un concentrado de maíz-pasta de soya al 0.83 % de PV (0.75 kg/d) contra no suplementado (0.30 kg/d)

Sin embargo la energía suplementaria a menudo disminuye el consumo de forraje y su utilización (Moore et al., 1999). Clanton (1982) fue de los primeros en sugerir que existe con frecuencia y efecto confundido al interpretar la respuesta de la suplementación proteica principalmente cuando los animales consumen forraje de baja calidad o su nivel de consumo es restringido ya que los residuos carbonados constituyen básicamente un “suplemento energético”

2.3.2. Efecto sobre la utilización de aminoácidos

La velocidad de degradación proteica depende de la solubilidad y estructura de la proteína, y de la actividad proteolítica de los microorganismos del rumen, que puede verse afectada, a su vez, por el pH (Endres y Stern, 1993), el tamaño de partícula (Tice et al., 1994), la relación forraje:concentrado (Eliman y Ørskov, 1984), Los concentrados proteicos de origen animal contienen, por lo general, niveles altos

de proteína no degradable en rumen, y su contribución al aporte total de proteína al duodeno puede ser importante. La degradación de aminoácidos individuales en el rumen parece ser muy variable y dependiente del alimento (Calsamiglia et al., 1994). En estudios de digestibilidad *in vitro* realizados por Chalupa (1976) clasifica a los aminoácidos en tres grupos según su velocidad de degradación ruminal: degradación rápida: Arginina y Treonina, degradación media: Lisina, Fenilalanina, Leucina e Isoleucina, Degradación lenta: Valina y Metionina. Lo cual coincide con los experimentos *in vivo* de Titgemeyer et al. (1989) en donde se sugiere una variación en la degradabilidad ruminal entre aminoácidos individuales. También estudiaron el efecto de la suplementación de raciones con pasta de soya, gluten de maíz, harina de sangre o harina de pescado sobre el aporte de aminoácidos a terneros en crecimiento, la suplementación con harinas de pescado produjo la mayor disminución en la síntesis de proteína microbiana, seguido del gluten de maíz, la harina de sangre y la pasta de soya, en comparación con la ración basal. Ellos también mencionaron que la dieta formulada con harina de pescado aportó más aminoácidos totales al duodeno que la dieta de pasta de soya, mientras que las dietas formuladas con harina de sangre y gluten de maíz resultaron en un mayor aporte de aminoácidos totales; Sin embargo, estas dos raciones presentaron perfiles de aminoácidos distintos. La harina de sangre aportó más lisina, histidina, arginina y valina, mientras que el gluten de maíz aportó más metionina, leucina e isoleucina.

La digestión intestinal de la proteína en ovejas alimentadas a base de cebada y suplementadas con harina de pescado fue mayor que las de dietas suplementadas con pasta de soya (80 % vs. 65 % respectivamente; Hussein et al., 1991). La misma tendencia se observó para la absorción de aminoácidos totales, esenciales y no

esenciales; a su vez Löest et al. (2002) indican que la infusión abomasal de 2 g/d de metionina a novillos Holstein con un peso promedio de 156 kg con una dieta base de cascarilla de soya incrementó la retención de nitrógeno.

2.3.3. Influencia sobre la eficiencia de utilización del alimento

Se ha indicado que la suplementación con proteína de escape en novillos bajo pastoreo de forrajes inmaduros (bromus, centeno, trigo, etc.) de alta calidad, existe una mayor respuesta en la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, debido a un suficiente aporte de aminoácidos a duodeno (Richards et al., 2001). Garcés et al. (1997) encontró diferencias en ganancia diaria de peso en ganado suplementado con un concentrado maíz-pasta de soya al 0.83 % de PV pastoreando una pradera de bermuda (Media de 0.75 kg/d) contra ganado no suplementado (0.30 kg/d). De la misma manera Bodine et al. (2001) al suplementar animales con un concentrado que contenía cascarilla de soya-trigo (PDR = 335g/d, TDN = 74.1) al 1 % de PV contra la dieta control de solo pasto bermuda, encontrando diferencias en el total de la ganancia (43 vs. 61 kg) y en la ganancia diaria de peso (0.32 vs. 0.6 kg).

2.4. Suplementación energética

2.4.1. Influencia de la suplementación energética sobre el consumo voluntario

El metabolismo de los microorganismos del rumen se regula principalmente por la cantidad y la velocidad de fermentación de los carbohidratos, que a su vez depende de sus características físicas y químicas. La fermentación de los carbohidratos proporciona esqueletos de carbono y energía en forma de ATP para el crecimiento microbiano. La suplementación de energía se practica a menudo durante los meses de escasez de los forrajes, en los meses de verano e invierno para mantener los niveles de producción o reducir al mínimo las pérdidas de peso. El abastecimiento de energía adicional en forma de suplemento ha producido a menudo reducciones en el consumo de forraje (Caton y Dhuyvetter, 1997). Se han reportado disminuciones lineales en el consumo de materia orgánica del forraje, al alimentar vacas con forraje de baja calidad suplementadas con niveles crecientes de maíz (Chase y Hibberd, 1987). Pordomingo et al. (1991) reportaron que en ganado suplementado con maíz pastoreando zacate de verano habían reducido su consumo de forraje. Otros experimentos contrastan a estos autores, por ejemplo Henning et al. (1980) trabajando con borregos, mencionaron que los niveles bajos de suplementación con maíz (7.8 % del consumo de MS) aumentaba el consumo de forraje, de la misma manera Matejovsky y Sanson (1995) publicaron que niveles bajos de suplementación energética a ovejas alimentadas con dietas a base de forraje aumenta el consumo.

2.4.2. Efecto sobre el requerimiento energético del animal

Las necesidades energéticas asociadas con ganado pastoreando varían dependiendo del nivel de producción y del gasto energético, relacionados con el trabajo de pastoreo. La estación del año y la raza del animal pueden también afectar el requerimiento (Caton y Dhuyvetter, 1997). La suplementación de energía puede alterar las necesidades energéticas de los animales en pastoreo, modificando el comportamiento de pastoreo o influenciando en eficiencia del uso de los nutrientes (Caton y Dhuyvetter, 1996). Adams (1985) indica que al suministrar concentrados se disminuye el tiempo de pastoreo; Si se disminuye esto, las demandas energéticas del trabajo asociado al pastoreo deben también disminuir. La eficiencia en la utilización de la energía metabolizable (EM) para mantenimiento y ganancia de la dieta es influenciada por el forraje y la ración concentrada (NRC, 1984), también menciona que la energía de concentrados se utiliza más eficientemente para las funciones de mantenimiento y ganancia diaria de peso en comparación con la energía aportada por los forrajes, en tanto, la energía suplementaria aumenta, la eficacia del uso de la energía debe aumentar.

2.4.3. Suplementación energética y consumo en pastoreo

La energía es el componente dietético de mayor importancia después del agua, porque esta se deriva de los carbohidratos, grasas, proteínas, y de las reservas corporales del animal para mantener las funciones corporales y facilita el crecimiento y desarrollo, incluyendo la reproducción y lactancia (Robinson et al., 1998). La complejidad de las interacciones de que ocurren durante el proceso del consumo de rumiantes en pastoreo y la heterogeneidad de la dieta en oferta, en los

diferentes ambientes y la vegetación hacen que el animal tenga mecanismos diversos para el control del consumo a corto, mediano y largo plazo. La densidad de masa de forraje existente en la pradera, la densidad de las hojas y la relación hoja/tallo son de gran importancia en el consumo de forrajes tropicales (Hodgson, 1982). Las necesidades energéticas asociadas con ganado en pastoreo varían dependiendo de su producción y el gasto energético relacionados con el pastoreo. La estación del año y la raza del animal pueden además afectar el requerimiento (Caton y Dhuyvetter, 1997). Al suministrar alimento concentrado disminuye el tiempo en pastoreo y consecuentemente disminuye la demanda energética de trabajo asociada al pastoreo (Adams, 1985). Según Caton y Dhuyvetter (1996) La suplementación energética puede alterar las necesidades energéticas en los animales en pastoreo o influenciando en la eficiencia del uso de los nutrientes. La eficiencia de la utilización de la energía metabolizable (EM) para manteamiento y ganancia de la dieta es influenciada por el forraje y la ración concentrada (NRC, 1984), también menciona que la energía de los concentrados se utiliza más eficientemente para las funciones de mantenimiento y ganancia diaria de peso en comparación con la energía aportada por los forrajes, en tanto, la energía suplementaria aumenta, la eficacia de uso de la energía debe aumentar. Nocek y Russell (2001) consideran que existe una relación entre la suplementación proteica y el consumo de energía sobre la base de que favorece la síntesis microbiana por medio de la suplementación proteica al incrementarse el consumo de materia seca y generarse así mayor cantidad de productos de la fermentación ruminal disponibles para el animal como son la proteína bacterial y la producción de ácidos grasos volátiles. Sales et al., (2008), no observaron efectos de los niveles de suplementación energética sobre la digestibilidad total aparente de los nutrientes, a

excepción de PC que mostraron un efecto cuadrático por el nivel de suplementación. Aunque una suplementación energética balanceada con otros nutrientes por lo general aumenta el rendimiento del ganado alimentado a base de forraje al alimentarlo con forraje de baja calidad suelen mostrar una mejor respuesta.

2.4.4. Recambio de proteína y el metabolismo energético

El consumo de energía de un animal regula la tasa como la composición de la ganancia. Este consumo estaría regulado por el ambiente ruminal (presión osmótica, concentración y absorción de AGV), por la absorción de nutrientes (especialmente los AA y los AGV) y por la utilización de esos nutrientes (incremento calórico) (Owens, 1995).

De la misma forma, la eficiencia de utilización de la Energía Metabolizable (EM) para crecimiento depende de la composición de la ganancia. Según lo reportado por Rompala et al., (1985) la eficiencia de utilización de la EM consumida para retener lípidos es mayor que para retener proteína (aprox. 77 y 47 % respectivamente). Esto es debido a que los lípidos tienen una baja tasa recambio, con un menor gasto energético que las proteínas (Geay, 1984). Según Berg and Butterfield, (1979) en animales consumiendo una dieta alta en proteína y baja en energía, el hueso crece a un ritmo relativamente superior que el músculo y la grasa, comparado con los resultados de dietas bajas en proteína y altas en energía.

En animales en crecimiento y finalización, la síntesis y degradación proteica responden de distinta manera, ante una alteración en el consumo energético. Por ejemplo, en corderos jóvenes, cuando el consumo de energía varió entre 0.6 a 1.8 veces el mantenimiento, la síntesis proteica incremento en forma lineal (23 g proteína sintetizada/Mcal EM consumida), mientras que la degradación proteica lo hizo a una tasa decreciente. Con niveles de consumo de EM mayores de 1.8 veces el mantenimiento, la degradación fue mucho menor que la síntesis, aumentando la retención proteica (anabolismo). En vacunos ocurre algo similar, a partir de consumos de EM de 540 Kcal/kg^{0.75}/día. En esas condiciones, la síntesis proteica incremento en 17 gr proteína sintetizada/MJ EM consumida (Lobley, 1993).

2.4.5. Efecto sustitutivo en el consumo de forraje

Las reducciones en consumo de forraje por rumiantes pastoreando o en corral debido a la suplementación de energía recibe el nombre de substitución. La cantidad de forraje basal que es cambiado por los nutrientes suplementados les es asignado un valor nombrado coeficiente de substitución (Cantidad de disminución en el forraje base dividido por la cantidad de suplemento proporcionada) (Caton y Dhuyvetter, 1997). En revisiones como la de Minson (1990) el coeficiente medio de substitución fue de 0.69. Este valor medio, representa muchos estudios sobre una amplia gama de situaciones de pastoreo. Chase y Hibberd (1987) en un trabajo con heno nativo cosechado y suplementado con maíz alimentando a vacas en corral, han obtenido coeficientes de substitución de 0.83. Otros autores como Garcés et al. (1997) le nombran tasa de sustitución que es la disminución en consumo de forraje

en MS (% de peso vivo) por unidad de suplemento consumido en MS (% PV). Estos autores encontraron diferencias ($P = 0.05$) cuando suplementaron con niveles de 0.38 y 0.83 % de PV de maíz-pasta de soya a novillos en desarrollo pastoreando zacate bermuda, encontrando valores en la tasa de substitución de -0.11 y -0.48 % de PV respectivamente. De la misma manera cuando suplementaron con niveles de 0.48 y 1.04% de PV de cascarilla de soya a novillos, encontrando valores en la tasa de substitución de -0.25 y -0.33% de PV respectivamente. Los coeficientes de substitución parecen ser una respuesta de la calidad del forraje (Caton y Dhuyvetter, 1997).

2.4.6. Cambios en el patrón de fermentación

Se ha mencionan que con dietas a base de forrajes, los AGV proveen de 55 a 85 % de la EM utilizada por los rumiantes; así mismo, de 66 a 80% de la energía total es derivada de la fermentación en el retículo-rumén (Owens y Goetsch, 1988). Estos autores indican que a pesar de la amplia oscilación en la población microbial y diferencias en el consumo de alimento, las proporciones ruminales de AGV son marcadamente estables con relaciones molares (acético: propiónico: butírico) que son cerca de 65:25:10 con dietas de forraje y 50:40:10 para dietas de concentrado, pero son dependientes del pH. Anderson et al. (1988) Compararon la cascarilla de soya y el grano de maíz a tres niveles (0, 25 y 50% de la MS de la ración) como fuentes de energía para novillos, donde observaron que el pH ruminal de los animales suplementados con 50 % de maíz en la ración disminuyó rápidamente a 5.65 mientras que los suplementados con cascarilla de soya, la disminución en pH fue más gradual bajando hasta seis.

Adicionar suplementos con elevado contenido de almidón ha mostrado un impacto negativo sobre la liberación de acetato y el aporte total de proteína microbiana en dietas a base de forrajes de mediana a baja calidad. Felner y Belyea (1991) al utilizar raciones para ganado lechero a base de ensilado de maíz con 20, 40 o 60 % de gluten de maíz observó una reducción lineal en la concentración ruminal de ácido acético, pero sin alterar la digestibilidad del nitrógeno ni de la FDN. Bodine et al. (2001) alimento novillos con un heno de baja calidad (5.5 % PC) suplementados con una ración que contenía 50 % de sorgo (PDR = 360g, TDN = 74.1) al uno por ciento del PV obteniendo valores de acetato, propionato y butirato de 66.57, 22.60, 8.26 mol/100 mol respectivamente, encontrando diferencias ($P < 0.05$) con respecto a la dieta control (Heno+premix al 0.05 % de PV) que presento valores de acetato de 71.34, propionato 19.19 y butirato de 7.04 mol/100 mol. Feng et al. (1993) indicaron que el aumento en la cantidad de carbohidratos no estructurales del 29 al 39 % se tradujo en una disminución de la eficiencia de síntesis y del aporte total de proteína microbiana, mientras que Galloway et al. (1993) menciona que una dieta basal de heno suplementada con maíz entero o molido, sorgo molido, o trigo molido no altera la eficacia de síntesis de proteína microbiana en el rumen. Estos experimentos demuestran que aumentar la concentración de carbohidratos no estructurales en las raciones no implica necesariamente el aumento en la síntesis de proteína bacteriana, ni el del aporte total de proteína bacteriana al intestino. Ello se debe a las diferencias extremas que existen entre los carbohidratos no estructurales de los alimentos y a las grandes variaciones existentes entre alimentos de las proporciones de sacarosa, almidones y pectinas (Stern et al., 1994).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El presente experimento se llevó a cabo en el laboratorio de digestión y metabolismo de rumiantes del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Ejido Nuevo León, B. C., México. (32° 24' 44,16'' N, 115° 11' 56, 87'' O). Con una altitud de 12 msnm. (INEGI, 2010) y temperatura y precipitación media anual de 22°C y 75,9 mm, respectivamente. El clima es desértico, con una temperatura media anual de 22 °C (INEGI, 1993), con Enero como es el mes más frío, con una temperatura media de 13°C y una mínima promedio de -1.66°C, y Julio el más caliente con una temperatura máxima, mínima y promedio de 45, 20 y 33°C respectivamente (SIMAR 2011).

3.2. Tratamientos

Se evaluaron una fuente de suplemento energético y otro proteico en dos niveles consumiendo pasto Bermuda Cruza 1 (*Cynodon dactylon*) distribuidos en cinco tratamientos que consistió en testigo (**TG**), baja proteína (**LP; 0.3 g/kg del PV**), alta proteína (**HP; 0.6 g/kg del PV**), baja energía (**LE; 0.4% del PV**) y alta energía (**HE; 0.8% del PV**). El testigo fue solo pastoreo de zacate Bermuda, el cual fue cortado y henificado en el mes de julio del 2013, la suplementación proteica (**SP**) fue a base de pasta de soya (**PSOY**) y la suplementación energética a base de trigo rolado al vapor (**TRV**), al cual se eliminó la humedad excedente después del rolado. Los suplementos se asignaron individualmente dos veces al día (0700 y 1900

horas). Como marcador de la digesta se incluyó Oxido de Cromo al 0.3 % de lo ofrecido infundido directamente en la cavidad ruminal. El experimento se desarrolló en cinco períodos experimentales donde cada uno tuvo una duración de 11 días (7 días de adaptación y 4 días de muestreo).

3.3. Unidades experimentales

Se utilizaron cinco novillos cruzado (*Holstein Brahman*) de 11 meses de edad, con un peso vivo inicial promedio de 135 kg, habilitados con cánulas en rumen (4.5" diámetro interno (d.i.)) y duodeno (tipo "T", 2.5 cm de d.i.) distribuidos bajo un diseño cuadrado latino. Los novillos fueron sometidos a un tratamiento preoperatorio en el cual se les administró 11,000 UI/kg/d (48 h) de penicilina G procaína acuosa (i.m.) (Brovel, S.A.de C.V.) y puestos en ayuno de sólidos por 24 h y 15 h de ayuno de líquidos. Para habilitar a los animales con cánulas tipo "T" en rumen y duodeno proximal, se indujo sedación de los novillos administrando (i.m) 0.6 mg/kg de xilacina al 2% (Procin ®). Las cánulas se elaboraron con material de tygon inerte (USP; Lima, Oh) de acuerdo al procedimiento descrito por Álvarez et al. (2000). Los novillos permanecieron en corraletas de 3.2 m² con bebederos automáticos y comederos individuales. Siempre permanecieron sujetos a la corraleta con un almartigón para que no tuvieran exceso de movimiento y dificultara el muestreo así como el evitar desperdicio de alimento. Tres semanas antes del experimento se inició el acostumbramiento de los novillos a la asignación de la suplementación individual. Durante el experimento los animales se pesaron al inicio y cada 11 días para ajustar el consumo.

3.4. Forraje

Los animales fueron alimentados con una dieta basal de heno de pasto Bermuda Cruza 1 el cual fue cortado y henificado en el mes de julio del 2013 y posteriormente molido de ahí alícuota para evaluar su composición química (Goering y Van Soest, 1970).

3.5. Suplementación

La cantidad de suplemento para cada animal se pesó en bolsas de plástico; de acuerdo al PV de cada individuo y se ofrecía al comedero dos veces al día en horario de 0700 y 1900 h previo a la asignación del forraje. La composición química del alimento

Cuadro 2. Composición química del heno y suplemento.

	PBerm	PSOY	TRV
	% en base seca		
MS	94.00	97.00	93.00
ASH	8.17	7.42	1.82
NDF	59.29	8.52	12.54
ADF	25.24	-	-
CEL	21.23	-	-
LIG	4.01	-	-
N	0.93	7.81	1.86
ALM	7.40	2.43	73.79

PBerm = Pasto bermuda, PSOY = Pasta de soya, TRV = Trigo rolado al vapor, MS: materia seca, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, CEL: celulosa, LIG: lignina, N: Nitrogeno, ALM: almidón

3.6. Colección de muestras

Del día 11 al día 14 de cada periodo se tomaron muestras individuales de fluido duodenal y heces, dos veces por día con el siguiente horario: día 1, 0930 y 1530; día 2, 0800 y 1400; día 3 0630 y 1230; y día 4, 0500 y 1100 horas, de tal forma que el intervalo entre muestras fue de 90 minutos por un periodo de 12 h. En cada una de las ocho muestras de fluido duodenal se colectaron 700 ml almacenándose en un recipiente de plástico de 5 lt que se mantuvo a -15°C . Del total se tomó una alícuota del 10% para su análisis posterior. Para la colección de heces se tomó aproximadamente 200 g de las heces más recientes defecadas por el novillo, las muestras de los cuatro días se almacenaron a -15°C , del total se hizo una alícuota y se tomó el 20 % como muestra. Al final de cada periodo, una alícuota de 900 mL de quimo duodenal se depositó en un recipiente refractario para desecar la muestra a 55°C durante 72 h. Las heces se descongelaron a temperatura ambiente, se homogenizaron manualmente y una cantidad de aproximadamente 200 g se colocaron en forma extendida (aproximadamente 1 cm de grosor) en papel aluminio para desecarse a una temperatura de 55°C . Una vez secadas, tanto las muestras de quimo intestinal como las de heces fueron trituradas y molidas en una licuadora convencional para obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 1mm y se guardaron en envases de plástico para su posterior análisis.

En el día 11 de cada periodo a las 1100 h, después de la colección rutinaria de la muestra de heces y duodeno, se tomó muestra de líquido del rumen y se hizo un vaciado ruminal. La colección del líquido ruminal se hizo con una bomba manual de succión, al extraerse se filtró a través de cuatro capas de gasa quirúrgica, midiéndose el pH inmediatamente con un potenciómetro de vidrio. A efecto de

detener cualquier actividad microbial y para conservar hasta su análisis de AGV, se mezcló una alícuota de 80 ml de líquido ruminal con 20 ml de ácido Metafosfórico 25% y conservó en una bolsa Whirl-Pack a -20 °C. Para cuantificar el total de líquidos y sólidos se hizo el vaciado total del rumen con una aspiradora convencional seco-líquido de 50.0 L. (Huhtanen y Khalili, 1991). El contenido total se mezcló y tomo una alícuota (± 1 kg) que se congeló a para su análisis posterior. Inmediatamente todo se regresó a la cavidad ruminal. En promedio el procedimiento completo se realizó en 18-25 minutos por animal. La materia orgánica (MO) fermentada en rumen fue considerada igual a la MO consumida menos la diferencia entre la cantidad total de MO y MOM que llegan a duodeno.

3.7. Análisis de laboratorio

Este se llevó a cabo al finalizar el último periodo en el Laboratorio de Nutrición Animal del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC.

3.7.1. Forraje y concentrado

A todas las muestras de ensilaje y concentrado se les determinó Materia Seca Total, en una estufa de aire forzado a 105 °C, Cenizas en una mufla a 600 °C, nitrógeno amoniacal y total por el método Kjeldahl (AOAC, 2000), Fibra Detergente Neutra con el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991), purinas (Zinn y Owen, 1986) y Almidón (Zinn 1990) y contenido de óxido crómico (Hill y Anderson, 1958).

3.7.2. Líquido ruminal

Para la determinación de AGV las muestras se descongelaron y centrifugaron a 9,000 x *g* durante 10 minutos y posteriormente de acuerdo al procedimiento de Hess *et al.* (2003) se hizo la determinación de AGV mediante un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard 5890) equipado con un detector de ionización por flama y columna capilar. Similar al procedimiento descrito por Alvarez y Zinn (2007).

3.7.3. Duodeno

A las muestras de duodeno se les analizó MS, cenizas, FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa, N total por el método Kjeldahl, nitrógeno amoniacal (AOAC, 2000), y concentración de cromo. Mediante la estimación de purinas como marcador microbiano con el método descrito por Zinn y Owens (1986) se calculó la materia orgánica microbiana (MOM) y el N microbiano (NM) que llega a duodeno.

3.7.4. Heces

A las heces se les analizó Materia Seca (105 °C), cenizas, FDN, FDA, celulosa, N Kjeldahl, y concentración de óxido crómico, (Hill y Anderson, 1958).

3.7.5. Variables Evaluadas

Digestibilidad a nivel ruminal, post-ruminal y tracto total de MO, FDN, FDA, celulosa y nitrógeno; flujo a duodeno de MO, FDN, nitrógeno, N Amoniacal, N Microbiano, N No Amoniacal, N Alimento; Eficiencia microbiana y del Nitrógeno, digestibilidad de la energía. Así como las características de la fermentación ruminal: pH y producción de ácidos grasos volátiles.

3.8. Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante un diseño en Cuadro Latino 5x5 de acuerdo al modelo siguiente: $Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + H_k + E_{ijk}$ Donde: T_i = i-esimo efecto de tratamiento, C_j = j-esimo efecto de novillo, H_k = k-esimo efecto de periodo experimental y E_{ijk} es el error experimental en cada unidad experimental. Los datos fueron analizados con el método Proc Mixed del programa SAS versión 9.0, 2001. El efecto de los factores en estudio fueron evaluados mediante los factores siguientes: suplementación energética, suplementación proteica y su efecto lineal o cuadrático de acuerdo al nivel de suplementación.

Cuadro 3. Consumo total de nutrientes^a por novillos Holstein alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV.

Variable	Tratamientos ^b				
	TG	PB	PA	EB	EA
Consumo, g/d					
MS	2922	2974	2922	2834	2849
MO	2686	2735	2687	2636	2683
FDN	1715	1699	1623	1432	1204
FDA	730	720	684	583	459
CEL	614	605	576	490	386
LIG	116	114	109	93	73
N	27.0	33.9	39.4	30.8	35.7
ALM	214	213	205	536	874

^aNutrientes: MS: materia seca, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, CEL: celulosa, LIG: lignina, N: Nitrógeno, ALM: almidón

^bTratamientos: TG = Testigo (100%pasto bermuda), PB = proteína baja(0.3% PV de pasta de soya), PA = (0.6% PV de pasta de soya), EB = energía baja (0.4% PV de trigo rolado al vapor), EA = Energía alta (0.8% PV de trigo rolado al vapor).

^cEE: Error Estándar

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el **cuadro** se observan los efectos de adicionar un suplemento proteico o energético sobre el flujo de nutrientes hacia duodeno en novillos alimentados a base de pasto bermuda. La SP no mostró diferencia sobre la el fuljo de nutrientes hacia duodeno en relación al TG. Se obtuvo un mayor flujo de MO, FDN, FDA, CEL, LIG, N-A, ALM y agua ($P < 0.05$) en novillos suplementados con SP en comparación con aquellos suplementados con SE. Similar comportamiento se observó en animales alimentados solo a base de pasto bermuda respecto a la SE ($P < 0.05$). Ninguno de los dos tipos de suplementación provocó diferencias respecto al control sobre el flujo total de nitrógeno microbial hacia el tracto bajo. El efecto sobre la generación de N microbial fue entonces similar con los dos tipos de suplemento. En experimentos similares, pero en los que no se evaluó ambos tipos de suplementos utilizando un mismo testigo, Kellaway y Leibholz (1983) al incluir almidón como sustrato altamente fermentable para una dieta a base de forraje tropical, se incrementa el flujo de proteína microbial a intestino. En condiciones similares al presente estudio, Hardin et al. (1989) al utilizar novillos alimentados con pasto bermuda con 12% de PC, evidenciaron que la suplementación proteica facilita la utilización de nitrógeno y el flujo de proteína microbial al intestino delgado.

Cuadro 4. Flujo de nutrientes a duodeno en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSoy o TRV.

	Tratamiento ¹						C1 ³		C2 ⁴		C3 ⁵		C4 ⁶		P < F			
	TG	PB	PA	EB	EA	EE ²	TG	TMT	SP	SE	TG	SP	TG	SE	C1	C2	C3	C4
Flujo g/d																		
MO	1180	1211	1221	1052	1134	59.2	1180	1155	1216	1093	1180	1216	1180	1093	0.470	0.002	0.347	0.037
FDN	563	570	574	492	535	41.02	563	545	572	514	563	572	563	514	0.353	0.008	0.694	0.051
FDA	297	305	302	251	256	14.9	297	279	304	254	297	304	297	254	0.063	0.001	0.534	0.001
CEL	195	200	200	163	184	10.0	195	187	200	174	195	200	195	174	0.234	0.001	0.469	0.010
LIG	103	105	102	88	72	6.2	103	92	104	80	103	104	103	80	0.030	0.001	0.891	0.001
N	29.2	31.4	33.0	29.0	31.8	2.10	29.2	31.3	32.2	30.4	29.2	32.2	29.2	30.4	0.114	0.118	0.044	0.402
N-A	2.70	3.11	3.31	2.38	1.93	0.39	2.70	2.68	3.21	2.16	2.70	3.21	2.70	2.16	0.960	0.002	0.131	0.112
N-M	36.5	36.2	38.9	35.1	37.4	3.7	36.5	36.9	37.5	36.2	36.5	37.5	36.5	36.2	0.880	0.552	0.703	0.915
NNA	26.5	28.3	29.7	26.6	29.9	1.87	26.5	28.6	29.0	28.3	26.5	29.0	26.5	28.3	0.121	0.504	0.096	0.237
N-Bypass	-10.0	-7.9	-9.2	-8.5	-7.5	2.59	-10.0	-8.3	-8.5	-8.0	-10.0	-8.5	-10.0	-8.0	0.480	0.818	0.580	0.461
ALM	41.0	44.2	36.3	50.2	76.5	6.77	41.0	51.8	40.2	63.3	41.0	40.2	41.0	63.3	0.082	0.001	0.909	0.004
AGUA	23.3	22.7	23.4	19.5	21.6	2.08	23.3	21.8	23.1	20.6	23.3	23.1	23.3	20.6	0.028	0.001	0.729	0.001

a, b, c Medias con distinta literal en una hilera son diferentes ($P \leq 0.05$). MS= Materia Seca, MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, FDA= Fibra Detergente Acido, CEL= Celulosa, LIG= Lignina, N= Nitrógeno NA= Nitrógeno Amoniacal, NM= Nitrógeno Microbial, NNA= Nitrógeno no Amoniacal, N-BYPASS= Nitrógeno Bypass, ALM: Almidón

¹Tratamientos: TG = Testigo (100%pasto bermuda), PB = proteína baja (0.3% PV de pasta de soya), PA = (0.6% PV de pasta de soya), EB = energía baja (0.4% PV de trigo rolado al vapor), EA = energía alta (0.8% PV de trigo rolado al vapor).

²EE= Error estándar.

³C1= Testigo vs Tratamientos (TG vs TMT).

⁴C2=Suplemento proteico vs Suplemento energético (SP vs SE).

⁵C3= Testigo vs Suplemento proteico (TG vs SP).

⁶C4= Testigo vs Suplemento energético (TG vs SE).

En el cuadro 5 se observan los efectos de adicionar un suplemento proteico o energético sobre la digestión ruminal en novillos alimentados a base de pasto bermuda. Se observó mayor digestión ruminal de la MO, ALM, y Ef N cuando fue ofrecido un SE, sin embargo, una disminución sobre los componentes de FDN, FDA y CEL, en comparación a los tratamientos testigo y SP respectivamente. Estudios similares como los de Bodine et al., (2001) y Sanson et al., (1990) al utilizar dietas a base de pasto Bermuda con 6% de PC y 75% de FDN, mencionan que la digestibilidad aparente de la MO no se alteró al adicionar suplementos. En otro estudio Chase y Hibberd (1987) reportan disminuciones en la digestibilidad de MS y fibra cuando se incrementan los niveles de maíz (1, 2, 3 kg/d). En contraste Chan et al. (1991) reportan incrementos en la digestión ruminal de la MO de heno de pastos nativos suplementados con maíz y pasta de soya. Asimismo Wickersham et al., (2004) al suplementar proteína (0.58 g/kg de PV; proteína degradable en rumen) a henos de baja calidad observaron incrementos lineales de la digestibilidad de la MO y la FDN.

El impacto de la suplementación proteica o energética sobre la cantidad de materia orgánica microbiana sintetizada y eficiencia no registró efecto ($P > 0.05$). En este sentido Alvarez et al. (2004) sostienen que es posible que la síntesis microbiana guarde no solo una relación directa con la inclusión de forraje en la dieta, sino también con su digestibilidad total o su concentración energética. Por el contrario, Koster et al. (1996) al infundir en rumen caseinato de sodio a novillos alimentados a base de un forraje de baja calidad encontraron que se elevó la eficiencia microbiana, aunque en su estudio el nivel de PC en el forraje y el consumo diario del mismo fueron excepcionalmente bajos (1.92% de PC y 29.3 g / kg PV^{0.75}). Bohnert et al. (2002) al adicionar proteína (suplemento con 53% de PC) a una dieta de heno de

praderas nativas (5 % PC; 61% FDN), reportan incrementos del 46% en la eficiencia microbial.

Cuadro 5. Digestión ruminal, síntesis microbial y eficiencia de uso del nitrógeno en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSoy o TRV.

	Tratamiento ¹						C1 ³		C2 ⁴		C3 ⁵		C4 ⁶		P < F			
	TG	PB	PA	EB	EA	EE ²	TG	TMT	SP	SE	TG	SP	TG	SE	C1	C2	C3	C4
% Digestión en el rumen																		
MO	69.7	68.9	68.9	73.4	71.7	1.21	69.7	70.7	68.9	72.6	69.7	68.9	69.7	72.6	0.366	0.003	0.557	0.035
FDN	67.2	66.4	64.7	65.8	55.8	2.08	67.2	63.2	65.6	60.8	67.2	65.6	67.2	60.8	0.013	0.002	0.317	0.001
FDA	59.2	57.6	55.8	57.2	44.4	1.57	59.2	53.8	56.7	50.8	59.2	56.7	59.2	50.8	0.001	0.002	0.117	0.001
CEL	68.3	66.9	65.2	66.8	52.6	1.30	68.3	62.9	66.1	59.7	68.3	66.1	68.3	59.7	0.001	0.001	0.133	0.001
LIG	11.4	8.4	6.00	6.4	1.2	4.9	11.4	5.5	7.2	3.8	11.4	7.2	11.4	3.8	0.191	0.393	0.388	0.128
N	137.0	123.2	122.6	127.3	120.1	7.77	137.0	123.3	122.9	123.7	137.0	122.9	137.0	123.7	0.089	0.910	0.109	0.128
ALM	81.0	79.3	82.2	90.6	91.4	1.61	81.0	85.9	80.8	91.0	81.0	80.8	81.0	91.0	0.001	0.001	0.859	0.001
MOM ⁷	365	362	389	351	374	37.0	365.0	369.0	375.5	362.5	365.0	375.5	365.0	362.5	0.876	0.548	0.698	0.917
Ef M ⁸	19.4	19.2	20.9	18.0	19.1	1.41	19.4	19.3	20.1	18.6	19.4	20.1	19.4	18.6	0.910	0.178	0.641	0.503
Ef N ⁹	0.98	0.83	0.75	0.86	0.83	0.04	0.98	0.82	0.79	0.85	0.98	0.79	0.98	0.85	0.001	0.147	0.001	0.007

^{a, b, c} Medias con distinta literal en una hilera son diferentes (P<0.05). MS= Materia Seca, MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, FDA= Fibra Detergente Acido, CEL= Celulosa, LIG= Lignina, N= Nitrógeno, MOM= Materia Orgánica Microbial, EM= Eficiencia Microbial, EN= Eficiencia del Nitrógeno.

¹Tratamientos: TG = Testigo (100%pasto bermuda), PB = proteína baja (0.3% PV de pasta de soya), PA = (0.6% PV de pasta de soya), EB = energía baja (0.4% PV de trigo rolado al vapor), EA = energía alta (0.8% PV de trigo rolado al vapor).

²EE= Error estándar.

³C1= Testigo vs Tratamientos (TG vs TMT).

⁴C2=Suplemento proteico vs Suplemento energético (SP vs SE).

⁵C3= Testigo vs Suplemento proteico (TG vs SP).

⁶C4= Testigo vs Suplemento energético (TG vs SE).

⁷MOM = Nitrógeno microbial * 10

⁸Eficiencia Microbial = g de NM / g MO fermentada

⁹Eficiencia del Nitrógeno = g de NNA / g N ingerido

En el cuadro 6 se observan los efectos de adicionar un suplemento proteico o energético sobre la digestión post-ruminal en novillos alimentados a base de pasto bermuda. No se observó diferencias entre la SP y el TG en ninguno de los componentes. Al suplementar los novillos con un SE, se observó una mayor digestión post-ruminal en los componentes de MO y FDN, pero una disminución sobre la digestión del ALM en comparación con el TG y SP. Este efecto puede ser por influencia de una mayor disponibilidad de carbohidratos solubles y el efecto compensatorio con frecuencia observado al llegar a tracto bajo una mayor cantidad de material digerible. Sobre la digestión postruminal de la FDN, Guthrie y Wagner (1988) mencionan que la provisión de alimentos que dan una adecuada disponibilidad de proteína cruda resulta en incrementos en la digestión postruminal de la fibra. En contraste con lo observado en este estudio; Chase y Hibbert (1987) reportan una disminución en la digestibilidad total de la FDN con niveles crecientes (1, 2, 3 kg/d) de suplementación con maíz a una dieta base de heno de pastos nativos con 4.2% PC. De la misma manera, Garcés-Yépez et al. (1997) alimentando a borregos con una dieta base zacate bermuda con 10.6% de PC, notó una disminución en la digestibilidad de FDN al suplementar con maíz, en cambio con la adición de soya incrementó. Atkinson et al., (2007) en ovinos usando una dieta a base de heno de trigo (4.2% PC) alimentadas ad libitum suplementados con proteína de soya como fuente de proteína no degradable en rumen no observaron efecto sobre la digestión de la MO, FDN y FDA.

Cuadro 6. Digestión post-ruminal en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV.

	Tratamiento ¹						C1 ³		C2 ⁴		C3 ⁵		C4 ⁶		P < F			
	TG	PB	PA	EB	EA	EE ²	TG	TMT	SP	SE	TG	SP	TG	SE	C1	C2	C3	C4
Digestión post-ruminal (%)																		
MO	26.2	24.2	29.1	29.1	37.4	2.26	26.2	29.9	26.6	33.3	26.2	26.6	26.2	33.3	0.106	0.004	0.862	0.009
FDN	-4.08	-10.32	-1.33	-1.11	13.34	5.14	-4.08	0.15	-5.82	6.12	-4.08	-5.82	-4.08	6.12	0.018	0.001	0.609	0.010
FDA	6.86	3.53	9.51	8.28	17.24	2.90	6.86	9.64	6.52	12.76	6.86	6.52	6.86	12.76	0.384	0.039	0.922	0.102
CEL	5.24	3.59	11.12	5.65	18.05	3.17	5.24	9.60	7.36	11.85	5.24	7.36	5.24	11.85	0.172	0.119	0.535	0.065
LIG	9.58	3.23	6.38	12.12	14.90	4.37	9.58	9.16	4.81	13.51	9.58	4.81	9.58	13.51	0.914	0.025	0.274	0.364
N	60.0	59.4	62.0	60.8	63.2	1.85	60.0	61.3	60.7	62.0	60.0	60.7	60.0	62.0	0.452	0.415	0.721	0.312
ALM	34.8	38.0	46.0	28.4	25.7	2.9	34.8	34.5	42.0	27.1	34.8	42.0	34.8	27.1	0.924	<0.001	0.024	0.017

^{a, b, c} Medias con distinta literal en una hilera son diferentes ($P \leq 0.05$). MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, FDA: Fibra Detergente Acido, CEL: Celulosa, LIG: Lignina, ALM= Almidón N= Nitrógeno.

¹Tratamientos: TG = Testigo (100%pasto bermuda), PB = proteína baja (0.3% PV de pasta de soya), PA = (0.6% PV de pasta de soya), EB = energía baja (0.4% PV de trigo rolado al vapor), EA = energía alta (0.8% PV de trigo rolado al vapor).

²EE= Error estándar.

³C1= Testigo vs Tratamientos (TG vs TMT).

⁴C2=Suplemento proteico vs Suplemento energético (SP vs SE).

⁵C3= Testigo vs Suplemento proteico (TG vs SP).

⁶C4= Testigo vs Suplemento energético (TG vs SE).

En el **cuadro 7** se observan los efectos de adicionar un suplemento proteico o energético sobre la digestión total en novillos alimentados a base de pasto bermuda. Solo se observó diferencias entre la SP y el TG sobre los componentes de LIG Y N. Al suplementar los novillos con un SE, se observó un incremento sobre la digestión total en los componentes de MO, FDA, N, así como una mayor proporción de ED; pero una disminución sobre una disminución sobre el componente de CEL para con el TG y SP respectivamente. DelCurto et al., (1990) observaron que suplementos altos en energía tendieron a disminuir la digestibilidad total de la FDN en novillos alimentados con heno zacate andropogon de baja calidad (suplementados con el 0.3 al 0.6% del PV). Según Mathis et al., (2000), la suplementación proteica en heno de bermuda de alta calidad (8.2% PC, FDN 70.8%) es ineficaz para estimular el consumo y la digestión. Brake et al. (1989) observaron que la digestión total de FDN en el tracto fue mayor sin que con grano y fue mayor para la cebada que para el maíz cuando tanto la cebada y el maíz fueron ofrecidos al 1% de PV. Una pequeña cantidad de grano puede afectar causar cambios del pH ruminal y permitir que un número suficiente de protozoos puedan utilizar el almidón y reducir al mínimo los efectos sobre la digestión de la fibra (Boyles et al., 1998). Galyean y Owens (1991); Swanson et al., (2004) ; Bohnert et al., (2011) sugieren que la fuente de suplementos de N tiene poco efecto en el sitio de la digestión del forraje de baja calidad, posiblemente debido a un mayor reciclaje N cuando se alimentan suplementos con alto contenido de PNDR (Bandyk et al, 2001). Estos datos coinciden con los de Hardin, et al. (1989) y Bohnert et al., (2002) donde la desaparición aparente de nitrógeno en tracto total incrementó con la adición de proteína a forrajes. La SE incrementó ($P \leq 0.001$) la digestibilidad de la energía. Resultados similares reportaron Ferrell et al., (1999) al encontrar

incrementos del 10% en la digestibilidad de la energía al suplementar diariamente con almidón o urea al 0.3% de PV a borregos alimentados con una dieta basal de heno de bromegrass con 4.3% de PC.

Cuadro 7. Digestión total en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV.

Tratamiento ¹							C1 ³		C2 ⁴		C3 ⁵		C4 ⁶		P < F			
TG							TG	TMT	SP	SE	TG	SP	TG	SE	C1	C2	C3	C4
Digestión total (%)																		
MO	67.6	66.5	67.8	71.9	73.7	1.01	67.6	70.0	67.2	72.8	67.6	67.2	67.6	72.8	0.047	0.001	0.705	0.001
FDN	66.1	63.6	64.4	65.7	62.1	1.29	66.1	64.0	64.0	63.9	66.1	64.0	66.1	63.9	0.163	0.937	0.212	0.191
FDA	62.0	59.1	60.0	60.9	54.1	1.59	62.0	58.5	59.6	57.5	62.0	59.6	62.0	57.5	0.067	0.206	0.232	0.032
CEL	69.9	68.2	69.1	68.6	61.2	1.49	69.9	66.8	68.7	64.9	69.9	68.7	69.9	64.9	0.072	0.022	0.483	0.013
LIG	19.9	11.2	12.3	20.0	16.7	3.33	19.9	15.1	11.8	18.4	19.9	11.8	19.9	18.4	0.001	0.041	0.039	0.667
ALM	89.9	94.7	84.6	73.1	95.5	5.31	89.9	87.0	89.6	84.3	89.9	89.6	89.9	84.3	0.602	0.294	0.966	0.367
N	93.3	92.1	92.0	97.4	97.8	0.73	93.3	94.8	92.1	97.6	93.3	92.1	93.3	97.6	0.025	0.001	0.052	0.001
ED	66.0	65.0	66.3	70.7	72.3	0.96	66.0	68.6	65.6	71.5	66.0	65.6	66.0	71.5	0.029	0.001	0.759	0.001

^{a, b, c} Medias con distinta literal en una hilera son diferentes (P<0.05). MS= Materia Seca, MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, FDA= Fibra Detergente Acido, CEL= Celulosa, LIG= Lignina, N= Nitrógeno.

¹Tratamientos: TG = Testigo (100%pasto bermuda), PB = proteína baja(0.3% PV de pasta de soya), PA = (0.6% PV de pasta de soya), EB = energia baja (0.4% PV de trigo rolado al vapor), EA = Energia alta (0.8% PV de trigo rolado al vapor), ED = Energia digestible.

²EE= Error estándar.

³C1= Testigo vs Tratamientos (TG vs TMT).

⁴C2=Suplemento proteico vs Suplemento energético (SP vs SE).

⁵C3= Testigo vs Suplemento proteico (TG vs SP).

⁶C4= Testigo vs Suplemento energético (TG vs SE).

El efecto de los tratamientos sobre las características de la fermentación ruminal se presenta en el cuadro 8. No se observaron diferencias entre los tratamientos sobre el pH del rumen ni sobre la concentración de Propionato (PR) ($P > 0.05$). Similar comportamiento observaron Atkinson et al., (2007) en ovinos usando una dieta a base de heno de trigo (4.2% PC) alimentadas ad libitum suplementados con proteína de soya como fuente de proteína no degradable en rumen. Como también Shen et al., (2015) en vacas lecheras suplementadas con maíz roado y pasta de soya.

La mayor producción de Acetato y Butirato (BU) ocurrió cuando los animales fueron suplementados con suplemento energético (SE) en comparación con los suplementados con fuente proteica (SP) ($P = 0.017$ y $P = 0.001$ respectivamente) y una tendencia a disminuir ($P = 0.077$) para la concentración de AC y a incrementar ($P = 0.017$) respecto al tratamiento testigo (TG). Se ha reportado que la suplementación energética resulta en un incremento en la concentración total de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) y la proporción de AC, PR y BU que con la suplementación proteica, mientras que la relación AC:PR es mayor para los suplementos proteicos que para los energéticos (Bodine et al., 2001; Carey et al., 1993). Por otro lado, Bodine et al., (2000) observaron que la provisión de proteína degradable no afecta la relación de proporciones de AGV, asegurando que la suplementación con maíz a novillos incremento AC y disminuyo PR cuadráticamente y conforme se incrementó el consumo de proteína degradable la relación AC:PR incremento cuadráticamente. Autores como Olson et al. (1999) alimentando con una dieta basal de heno, reportó incrementos de ácidos grasos de cadena ramificada y en la concentración total de AGV cuando se incrementó la suplementación de proteína degradable. Autores como Köster et al., (1996); Bohnert et al, (2002)

reportaron una disminución de acetato y el aumento de las proporciones molares de Propionato con la suplementación PDR en forraje de baja calidad. Además de un aumento del flujo total de N hacia el duodeno, el aumento de la proporción molar de Propionato ruminal de rumiantes con suplementación proteica (y energía) consumiendo forraje de baja calidad podría aumentar precursores total de glucosa en el hígado, proporcionando una mayor eficiencia en la utilización de acetato por los tejidos periféricos y resultando en una mayor balance de N y energía (Blaxter, 1989).

Cuadro 8. Características de la fermentación ruminal en novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV.

	Tratamiento ¹						C1 ³		C2 ⁴		C3 ⁵		C4 ⁶		P < F			
	TG	PB	PA	EB	EA	EE ²	TG	TMT	SP	SE	TG	SP	TG	SE	C1	C2	C3	C4
pH	6.52	6.42	6.53	6.44	6.43	0.06	6.52	6.455	6.475	6.435	6.52	6.475	6.52	6.435	0.222	0.414	0.422	0.154
Acetato mol 100 mol ⁻¹	71.59	71.81	72.08	70.48	68.56	0.92	71.59	70.73	71.94	69.52	71.59	71.94	71.59	69.52	0.395	0.017	0.754	0.077
Propionato mol 100 mol ⁻¹	17.18	17.64	17.05	17.10	16.58	0.70	17.18	17.09	17.35	16.84	17.18	17.35	17.18	16.84	0.906	0.475	0.852	0.689
Butirato mol 100 mol ⁻¹	11.23	10.55	10.87	12.42	14.97	0.79	11.23	12.20	10.71	13.70	11.23	10.71	11.23	13.70	0.264	0.001	0.586	0.017
Acetato:Propionato	4.17	4.07	4.23	4.12	4.14													

^{a, b, c} Medias con distinta literal en una hilera son diferentes ($P \leq 0.05$).

¹Tratamientos: TG = Testigo (100%pasto bermuda), PB = proteína baja (0.3% PV de pasta de soya), PA = (0.6% PV de pasta de soya), EB = energía baja (0.4% PV de trigo rolado al vapor), EA = energía alta (0.8% PV de trigo rolado al vapor).

²EE= Error estándar.

³C1= Testigo vs Tratamientos (TG vs TMT).

⁴C2=Suplemento proteico vs Suplemento energético (SP vs SE).

⁵C3= Testigo vs Suplemento proteico (TG vs SP).

⁶C4= Testigo vs Suplemento energético (TG vs SE).

En el cuadro 9 se observan los efectos de adicionar un suplemento proteico o energético sobre la composición del contenido ruminal en novillos alimentados a base de pasto bermuda. No se mostró diferencias entre la SP y el TG. En cambio se observó superioridad en los componentes de contenido total y de solidos cuando no se suplemento en comparación al usar un SE, similar comportamiento se observó como también sobre el contenido de líquidos.

Cuadro 9. Composición del contenido del rumen de novillos alimentados a base de pasto bermuda y suplementados con PSOY o TRV.

	Tratamiento ¹						C1 ³		C2 ⁴		C3 ⁵		C4 ⁶		P < F			
	TG	PB	PA	EB	EA	EE ²	TG	TMT	SP	SE	TG	SP	TG	SE	C1	C2	C3	C4
Contenido en rumen (kg)																		
MS	17.0	16.6	15.5	17.0	14.6	1.16	17.0	15.9	16.0	15.8	17.0	16.0	17.0	15.8	0.358	0.807	0.349	0.456
Total	22.9	22.1	22.5	18.3	17.0	2.08	22.9	20.0	22.3	17.6	22.9	22.3	22.9	17.6	0.079	0.005	0.746	0.008
Sólidos	19.5	18.5	19.0	15.1	14.5	1.76	19.5	16.8	18.7	14.8	19.5	18.7	19.5	14.8	0.054	0.004	0.608	0.005
Líquidos	3.4	3.7	3.5	3.1	2.5	0.42	3.4	3.2	3.6	2.8	3.4	3.6	3.4	2.8	0.572	0.029	0.641	0.149

a, b, c Medias con distinta literal en una hilera son diferentes (P<0.05). MS= Materia Seca.

¹Tratamientos: TG = Testigo (100%pasto bermuda), PB = proteína baja (0.3% PV de pasta de soya), PA = (0.6% PV de pasta de soya), EB = energia baja (0.4% PV de trigo rolado al vapor), EA = energía alta (0.8% PV de trigo rolado al vapor).

²EE= Error estándar.

³C1= Testigo vs Tratamientos (TG vs TMT).

⁴C2=Suplemento proteico vs Suplemento energético (SP vs SE).

⁵C3= Testigo vs Suplemento proteico (TG vs SP).

⁶C4= Testigo vs Suplemento energético (TG vs SE).

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio se observó que la adición de proteína como pasta de soya tuvo poca influencia en la digestión en rumen y total de la mayoría de los componentes de la dieta; en contraste con el mayor efecto provocado por el suplemento energético sobre las mismas fracciones en ambos compartimentos, el rumen y el total del tracto.

Particularmente, aunque la suplementación con energía aumentó la digestión de la materia orgánica en el rumen, esto fue a causa de la mayor digestión del almidón, aunque este diferencial fue compensado a nivel post ruminal, situación que no ocurrió con las demás fracciones como FDN, FDA y CEL.

El más alto valor de energía digestible alcanzado con la suplementación energética además de que concuerda con los hallazgos expuestos, resume la ventaja que esta ofrece frente a la adición de proteína en la utilización de nutrientes aun cuando los animales estuvieron en etapa de crecimiento. Esta información respalda lo observado en un experimento previo realizado en pastoreo y con tratamientos similares.

VI. LITERATURA CITADA

- Allison, C.D. (1985). Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *J. Range Manage.* 38:305.
- Álvarez EG, Zinn RA (2007) Influence of site of casein infusion on voluntary feed intake and digestive function in steer calves fed a sudangrass-based growing diet. *J. Anim. Vet. Adv.* 6: 249-256.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Atkinson, R. L., C. D. Toone, and P. A. Ludden. 2007. Effects of supplemental ruminally degradable protein versus increasing amounts of supplemental ruminally undegradable protein on site and extent of digestion and ruminal characteristics in lambs fed low-quality forage. 85:3322-3330.
- Bandyk, C. A., R. C. Cochran, T. A. Wickershan, E. C. Titgemeyer, C. G Farmer and J. J. Higgins. 2001. Effect of ruminal vs postruminal administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. *J. Anim. Sci.* 79:225-231.
- Berg, R. T. and R. M. Butterfield. 1979. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Zaragoza: Acribia, 1979. 297p.
- Bodine, T. N, H. T. Purvis II, C. J. Ackerman y C. L. Goad. 2000. Effect of supplementing prairie hay with corn and soybean meal on intake, digestion, and ruminal measurements by beef steers. *J Anim. Sci.* 78: 3144-3154.
- Bodine, T. N., H. T. Purvis II, and D. L. Lalman. 2001. Effects of supplement type on animal performance, Forage intake, digestion, and ruminal measurements of growing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 79:1041-1051.

- Bohnert, D. W., C. S. Schauer, S. J. Falck, and T. DelCurto. 2002. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on steers consuming low-quality forage: II. Ruminal fermentation characteristics. *J. Anim. Sci.* 80:2978–2988.
- Bohnert, D. W., T. DelCurto, A. A. Clark, M. L. Merrill, S. J. Falck and D. L. Harmon. 2011. Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool or warm-season forage: Differences in intake and digestibility. *J. Anim. Sci.* 89:3707-3717.
- Bowman, J. G. P., and D. W. Sanson. 1996. Starch- or fiber-based energy supplements for grazing ruminants. Pages 118–135 in *Proc. Grazing Livest. Nutr. Conf.*, Rapid City, SD.
- Boyles, S. L., J. S. Caton and D. M. Sime. 1998. Influence of Soybean Meal or Increasing Levels of Barley Supplementation on Intake, Ruminal Fermentation, Site of Digestion, In Situ Forage Degradability, and Duodenal Amino Acid Flow in Steers Fed Bromegrass Hay. 14: 118-126.
- Brake, A. C., A. L. Goetsch, L. A. Forster, Jr., and K. M. Landis. 1989. Feed intake, digestion and digesta characteristics of cattle fed bermudagrass or orchardgrass alone or with ground barley or corn. *J. Anim. Sci.* 67:3425.
- Carey, D. A., J. S. Caton y M. Biondini. 1993. Influence of energy source on forage intake, digestibility, in situ forage degradation and ruminal fermentation in beef steers fed médium-quality brome hay. *J. Anim. Sci.* 71:2260-2269.
- Caton, J. S. and D. V. Dhuyvetter. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirement and responses. *J. Anim. Sci.* 75:533-542
- Cook, C. W. and L. E. Harris. 1968. Effect of supplementation on intake and digestibility of range forage. *Utah Agr. Exp. Sta. Bull.* 475.

- Coomer, J. C., H. E. Amos, M. A. Froetschel, K. K. Ragland, and C. C. Williams. 1993. Effects of supplemental protein sources on ruminal fermentation, and amino acid absorption in steers and on growth and feed efficiency in steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 71:3078–3086.
- Chai, W., and P. Uden. 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in analysis of neutral detergent fiber. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74:281–288.
- Chase C. C., Jr y C. A. Hibberd. 1987. Utilization of low-quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain. *J. Anim. Sci.* 65:557-566.
- DelCurto, T., R. C. Cochran, D. L. Harmon, A. A. Beharka, K. A. Jacques, G. Towne, and E. S. Vanzant. 1990. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and(or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.* 68:515.
- Díaz, O. R. 2007. Utilizacion de pastizales naturales. ed. Argentina. Editorial Brujas. 456 p.
- Duthil, J. 1989. Producción de forrajes. Ediciones Mundi-Prensa. 3^a edición Madrid España.
- Galli, J. R., C. A. Cangiano, y H. H. Hernández. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Rev. Agr. Prod. Anim.* 16:119-42
- Garces-Yepez, P., W. E. Kunkle, D. B. Bates, J. E. Moore, W. W. Thatcher and L. E. Sollenberger. 1997. Effects of supplemental energy source and amount on forage intake and performance by steers and intake and diet digestibility by sheep. *J. Ani. Sci.* 75: 1918-1925.

- Garner, C.J 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on Stylosanthes hamate-native grass pasture. Aust. J. Agric. Res. 31:379-392.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). Agric. Handbook 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- Guthrie, M. J., and D. G. Wagner. 1988. Influence of protein or grain supplementation and increasing levels of soybean meal intake, utilization and passage rate of prairie hay in beef steers and heifers. J. Anim. Sci. 66:1529-1537.
- Ferrel, C. L., K. K. Kreikemeier y H. C. Freetly. 1999. The effect of supplemental energy, nitrogen, and protein on feed intake, digestibility, and nitrogen flux across the gut and liver in sheep fed low-quality forage. J. Anim. Sci. 77:3353-3364.
- Hardin, A. C., A. L. Goetsch, K. M. Landis, G. E. Murphy, Z. B Johnson y K. L. Hall. 1989. Intake, Digestion and daily gain by cattle consuming bermudagrass (Cynodon Dactylon) and supplemented with different combinations of ground corn, vegetable oil, urea, and corn gluten and blood meals. Anim. Feed Sci. and Tech. 25:99-110.
- Hicks, C. R. 1973. Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Hill, F.W. and D.L. Anderson, 1958. Comparicion of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. J. Nutr., 64: 587-603.
- Hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. En: Nutritional limits to Animal Production from Pastures. Proceedings of an International Symposium held at St. Lucia, Brisbane, Queensland, Australia. J.B. Hacker (Ed.). pp. 153 – 156.

- Hopkins, A. 2000. Herbage Production. In Grass. Its production and utilization. Trd. Ed. British Grassland Society-Blackwell Science. pp. 90-1001.
- INEGI. 2010. Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Baja California. Aguascalientes, México. pp 3-7.
- Kellaway, R. C. y J. Leibholz. 1983. Effects of nitrogen supplements on intake and utilization of low-quality forages. *World Anim. Rev.* 48: 33-37
- Koester, H. H., R. C. Cochran, E. C. Titgemeyer, E. S. Vanzant, I. Abdelgadir, and G. St-Jean. 1996. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. *J. Anim. Sci.* 74:2473–2481.
- Lefsrud, M. G., D. A. Kopseell and J. Curran-Calentano. 2005. Air temperature affects biomass and carotenoid pigment accumulation in kale and spinach grown in a controlled environment. *Hort. Science* 40:2026-2030.
- Mathis, C. P., R. C. Cochran, J. S. Heldt, B. C. Woods, I. E. Abdelgadir, K. C. Olson, E. C. Titgemeyer, and E. S. Vanzant. 2000. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium- to low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 78:224–232.
- Mejía-Haro, J., O. Ruiz-Barrera y J. A. Jiménez-Castro. 2003. Efecto de dos fuentes de proteína de degradabilidad ruminal diferente sobre el crecimiento y procesos digestivos en bovinos productores de carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 2003. 11(2): 101-110.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64:1548.

- Minson, D. J. 1981. Forage quality: Assessing the plant animal complex. In: Proceedings of the XIV International Grassland Congress. A . Smith and V. Hays (eds.) Lexington, Kentucky, USA. pp 23-28.
- Minson, J.D. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. Sta. Lucia. Queensland, Australia. 483 p.
- Montague, W. D.; Laca, E. A. & Greenwood, G. B. 1986. Intake in grazing ruminants: A conceptual framework. In: Feed intake by beef cattle. Symposium Proceedings. Oklahoma State University, USA. p. 208
- Moreno, C. B. 2005. Increasing levels of energy supplementation on weight gain of grazing steers kept on a natural pasture at the southeastern region of Rio Grande do Sul. Revista brasileira de zootecnia (1516-3598), 34 (1), p. 159.
- Muller, L. D. 1996. Nutritional Considerations for Dairy Cattle on Intensive Grazing Systems. Proceedings from the Maryland Grazing Conference.
- Nelson, J. and Volenec, J. 1995. Environmental an physiological aspects of forage management. In: Forages. Volume I. And introduction of Grassland Agriculture. 5a Ed. Iowa State University Press.
- Newman, Y. C., T. R. Sinclair, A. S. Blount, M. L. Lugo, E. Valencia. 2007. Forage production of tropical grasses under extended daylength at subtropical and tropical latitudes. Environmental and Experimental Botany 61: 18 – 24.
- NRC. 1987. Predicting Feed Intake of Food Producing Animals. National Academy Press. Washington, DC.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Nocek, J. E y J. B. Russell. 2001. La suplementación del Ganado Bovino en el trópico. XIX Simposium de Ganadería Tropical. México. Pag. 345-354.

- Ojeda, F; Pino, Bárbara N.; Lamela, L y Montejo, I. 2010 .Efecto de la suplementación proteínica en la respuesta productiva de toros alimentados con dietas mixtas basadas en hollejo de cítrico. Pastos y Forrajes [online]. 2010, vol.33, n.3, pp. 0-0. ISSN 0864-0394.
- Olson K. C., R. C. Cochran, T. J. Jones, E. S. Vanzant, E. C. Titgemeyer y D. E. Jonson. 1999. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. *J. Anim. Sci.* 77:1016-1025.
- Poppi, D. P., and S. R. McLennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73:278-290.
- Robert, S. D.; Kerth, C. R.; Braden, K .W.; Rankins, D. L.; Kriese-Anderson, L.; Prevatt, J. W. 2009. Finishing steers on winter annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) with varied levels of corn supplementation I: Effects on animal performance, carcass traits, and forage quality. *J. Anim. Sci.* 87: 2690-2699.
- Robinson, Peter, Dan Putnam, and Shannon Mueller. 1998. Interpreting Your Forage Test Report, in Calif. Alfalfa and Forage Review, Vol 1, No 2. Univ. of Calif.
- Rodríguez, G. J., A. López L., D. Calderón M., J. Cortes N., J. F. Ponce M., J. E. Guerra L y B. A. Partida R. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición química y digestibilidad in vitro del ballico anual en el valle de Mexicali. Memorias de la XI reunión sobre producción de carne y leche en climas cálidos. Mexicali. B.C.
- Sales, MFL. Couto, VRM; Acedo, TS; Porto, Mo; Valadares, SD; y Paulino MF. 2008. Energy levels in multiple supplements for finishing beef cattle grazing palisade grass pasture during the rainy to dry transition season. *Revista brasileira de zootecnia* (1516-3598), 37 (4), p. 724.

- Sanson, D. W., D. C. Clanton, and I. G. Rush. 1990. Intake and digestion of low-quality meadow hay by steers and performance of cows on native range when fed protein supplements containing various levels of corn. *J. Anim. Sci.* 68:595–603.
- Shen, J. S., L. J. Song, H. Z. Sun, B. Wang, Z. Chai, B. Chacher and J. X. Lui. 2015. Effects of corn and soybean meal types on rumen fermentation, nitrogen metabolism and productivity in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 28: 351-359.
- Sinclair, T. R., Jeferry, D. Ray, P. I. Mislevy y L. Monica Premazzi. 2003. Growth of subtropical forage grasses under extended photoperiod during short-daylength months. *Crops Sci.* 43: 618 – 623.
- Swanson, K. C., H. C. Freetly, and C. L. Ferrell. 2004. Nitrogen balance in lambs fed low-quality brome hay and infused with differing proportions of casein in the rumen and abomasum. *J. Anim. Sci.* 82:502–507.
- Van Soest, P. J., Robertson J. B & Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583–3597.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Ed. Cornell University Press. Ithaca, N.Y
- Zinn, R. A. and J. Salinas. 1999. Influence of Fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78% concentrate growing diet. In: *Biotechnology in the feed industry 15th annual symposium*. United Kingdom. Nottingham university press. pp. 313-319.
- Zinn, R. A. 1991. Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. *J. Anim. Sci.* 69:905–916.

ARTÍCULO I

Influence of algae as a feed intake and growth-performance enhancer in feedlot cattle during period of high ambient temperature

B.H. Gutierrez^a , E. Alvarez^a , A.A. Arrizon^a , R. Carrasco^a , J. Salinas-Chavira^b and
R.A. Zinn^{a,c*}

^a Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrícolas, UABC, Mexicali, México; ^b Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT, Tampico, México; ^c Department of Animal Science, University of California, Davis, CA, USA

Artículo publicado en: Journal of Applied Animal Research, 2016 Vol. 44, No. 1, 118–120, <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2015.1021804>

*Corresponding author. Email: razinn@ucdavis.edu

ABSTRACT

Sixty calf-fed Holstein steers (290 ± 2 kg) were used in a 90-d trial to evaluate the influence of fresh high-oil algae biomass as a feed intake and growth-performance enhancer in feedlot cattle. Steers were grouped into 5 weight blocks, and randomly assigned within blocks to 15 pens (4 steers per pen, 4 pens per treatment). All steers were fed the same steam-flaked corn-based basal diet. Three treatments were evaluated 1) basal diet, 2) basal diet plus 60 g/head water, or 3) basal diet plus 60 g/head hi-oil algae biomass. On an as-fed basis, the algae biomass contained: 78.4% moisture, 2.15% ash, 0.21% N, 0.07% starch, 0.50% NDF, and 17.2% ether extract. Steers were fed once daily. Water and algae biomass treatments were top-dressed onto the basal diet at time of feeding. On a dry matter basis, algae biomass application accounted for 0.14% of average daily feed intake. Top-dressing the basal diet with water did not affect ($P > 0.20$) cattle growth-performance or dietary NE. In contrast, top-dressing feed with algae biomass increased ADG (7.8%, $P = 0.02$), and tended to increase gain efficiency (5.7%, $P = 0.08$) and estimated dietary NE (3.7%, $P = 0.09$). We conclude that application of low levels of high-oil algae biomass may enhance daily weight gain of feedlot cattle. This effect is due in part to an apparent increase in efficiency utilization and in part to an increased dry matter intake.

Key Words: Algae, Cattle, Performance, Feedlot

1. INTRODUCTIONS

Summer heat load causes a reduction in feed and energy intakes (Young & Hall 1993; Hahn 1994); and subsequently in animal productivity (Blackshaw & Blackshaw 1994). In cattle, this can result in decreased growth rate and gain efficiency (Turner 1984; Hubbard et al. 1999). Algae contain chemical compounds that serve as attractants to augment feed consumption in aquatic species (Mustafa et al. 1997; Tierney and Atema 1998; JaimeCeballos et al. 2007). The objective of this study is to evaluate the influence of top-dressing a steam-flaked cornbased growing-finishing diet with a low level (0.14%) of high-oil algae biomass as an agent to enhance energy intake during a period of high ambient temperature.

2. MATERIALS AND METHODS

All procedures involving animal care and management were in accordance with and approved by the University of California, Davis, Animal Use and Care Committee.

2.1 Animals and Diets.

Sixty calf-fed Holstein steers (290 ± 2 kg) were used in a 90-d experiment to evaluate the influence of algae as a feed intake and growth-performance enhancer in feedlot cattle with respect to feedlot growth-performance and dietary NE. This trial was conducted during months of May through July. The average climatic conditions during this experiment were: air temperature 31.0°C (range 28.0 to 34.0°C), relative humidity 45%. Air temperature, relative humidity, sun radiation, and air velocity data were obtained from the weather station located 200 m from the experimental pens (California Irrigation Management Information System). Temperature-Humidity Index (THI) was calculated using the formula: $\text{THI} = [0.8 \times \text{ambient temperature}] + [(\% \text{ of relative humidity}/100) \times (\text{ambient temperature} - 14.4)] + 46.4$ (Mader et al. 2006).

THI code is: Normal THI < 74; Alert 75 < THI < 78; Danger 79 < THI < 83; and Emergency THI > 84 (Mader et al. 2006). The corresponding mean THI value was 78.8. In accordance with THI code (Normal THI < 74; Alert 75 < THI < 78; Danger 79 < THI < 83; and Emergency THI > 84), steers in the trial were exposed to “danger” situation due hot environmental conditions. Eight days before initiation of the study, steers were individually weighed, implanted with Revalor-S (Intervet Inc., Millsboro, DE), grouped by weight into 5 blocks, and randomly assigned within weight blocks to 15 pens (4 steers per pen). Pens were 75 m² with 27 m² of overhead shade, automatic waterers, and 4.3 m fence-line feed bunks. All steers were fed the same basal diet (sudangrass hay: 6.00%, yellow grease: 2.50%, molasses cane: 5.00%, urea: 0.50%, limestone: 1.65%, magnesium oxide: 0.05%, trace mineral salt: 0.30%. Nutrient composition (DM basis) NE_m: 2.21 Mcal/kg, NE_g 1.54 Mcal/kg, CP: 14%, Fat: 6.9%, ash: 6.2%, Ca: 0.81%, Mg: 0.27%, P: 0.44%, K: 0.97, S: 0.19%). Three treatments were evaluated 1) basal diet, 2) basal diet top-dressed with 60 g/head water, or 3) basal diet top-dressed with 60 g/head hi-oil algae biomass. On an as-fed basis, the algae biomass contained: 78.4% moisture, 2.15% ash, 0.21% N, 0.07% starch, 0.50% NDF, and 17.2% ether extract. Steers were fed once daily. Water and algae biomass treatments were applied to the basal diet at time of feeding. On a dry matter basis, algae biomass application accounted for 0.14% of average daily feed intake. Steers were allowed ad libitum access to feed. Fresh feed was provided once daily in the morning feeding.

2.2 Estimation of Dietary NE.

Energy gain (EG) was calculated by the equation: $EG = ADG^{1.097} 0.0557 W^{0.75}$, where EG is the daily energy deposited (Mcal/d), W is the mean shrunk weight (kg; NRC 1984). Maintenance energy (EM) was calculated by the equation: $EM = 0.084$

$W^{0.75}$ (NRC, 1988). Dietary NE_g was derived from NE_m by the equation: $NE_g = 0.883 NE_m - 0.42$ (derived from NRC 1996; $R^2 = 0.9997$). Dry matter intake is related to energy requirements and dietary NE_m according to the equation: $DMI = EG \div (0.883 NE_m - 0.42)$, and can be resolved for estimation of dietary NE by means of the quadratic formula: $x = (-b \pm (b^2 - 4ac)^{0.5})/2c$, where $x = NE_m$, $a = -0.42 EM$, $b = 0.883 EM + 0.42 DMI + EG$, and $c = -0.883 DMI$ (Zinn and Shen 1998).

2.3 Statistical Design and Analysis.

For calculating steer performance, initial and final weight were reduced 4% to account for digestive tract fill. Pens were used as experimental units. The experimental data were analyzed as a randomized block design experiment. Treatments effects were tested by means of orthogonal contrasts (Hicks, 1973). Analysis performed using Statistix[®]8 (Analytical Software, Tallahassee, FL).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Treatment effects on growth performance and estimated NE value of the diet are shown in Table 1. As expected, top-dressing the basal diet with water did not affect cattle growth performance or dietary NE. In contrast, topdressing feed with algae biomass increased average daily gain (ADG) (7.8%, $P = 0.02$), and tended to increase gain efficiency (5.7%, $P = 0.08$) and estimated dietary NE (3.7%, $P = 0.09$). Of the improvement in ADG, 56% is attributable enhanced efficiency of energy utilization (increased estimated dietary NE_m and NE_g), and 44% to DMI. The effects of feeding high-oil algae biomass to feedlot cattle has not been investigated previously. Algae have been shown to contain chemicals attractants (Mustafa et al. 1997; Jaime-Ceballos et al. 2007) that promote feed intake in aquatic species (Tierney & Atema 1988). The fresh algae biomass material used in the present study

exhibits a very strong 'algae' odour, to which anecdotally, we observed that cattle demonstrated a surprisingly strong preference. Accordingly, we conducted this trial under the notion that in a manner comparable to that observed in aquatic species, fresh algae biomass might likewise act to enhance feed intake and hence, ADG of feedlot cattle. However, although DMI was numerically greater in cattle fed the basal diet top-dressed with algae biomass, the marked increase in ADG was largely due to an apparent increased efficiency of energy utilization. The basis for this effect is not certain. In a 35-d feeding trial, supplementation with low levels of dried ground spirulina (0.1g/kg body weight) improved ADG, DMI and gain efficiency of fattening lambs (El-Sabagh et al. 2014). Authors hypothesized that this effect was due to enhanced antioxidant and immune stimulation (increased total white cell count and serum globulin, and increased ratio of reduced glutathione). In contrast, in a 211-d feeding trial, supplementation of feedlot cattle with dried ground spirulina (0.1% of dry matter intake) did not affect growth performance or dietary NE (Zinn & Shen 1996). This study did not address any potential effects of algae biomass supplementation on meat flavour. High levels of marine algae oil supplementation of milk replacer (12% of milk replacer dry matter as docosahexaenoic acid) for pre-ruminant kid goats resulted in an off flavour in the meat (Moreno-Indias et al. 2012). However, when supplemented at 6% of milk replacer dry matter, no appreciable effects on meat sensory properties were detected. In the present study, algae oil accounted for 0.02% of dry matter intake.

4. IMPLICATIONS

Application of low levels of high-oil algae biomass may enhance daily weight gain of feedlot cattle during period of high ambient temperature. This effect is due in part to an apparent increase in efficiency of energy utilization and in part to an increased dry

matter intake. More work is needed to better understand the role of algae in these processes.

5. REFERENCES

- Blackshaw JK, Blackshaw AW. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: A review. *Aust. J. Exp. Agric.* 34:285-295.
- EL-Sabagh MR, Abd-Eldaim MA, Mahboub DH, Abdel-Daim M. 2014. Effects of *Spirulina Platensis* algae on growth performance, antioxidative status and blood metabolites in fattening lambs. *J Agric Sci.* 6:92–98.
- Hahn GL. 1994. Environmental requirements of farm animals. In: J. F. Griffiths (ed.) *Handbook of Agricultural Meteorology*. p 220. Oxford University Press, New York.
- Hicks CR. 1973. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Hubbard KG, Stookesbury DE, Hahn GL, Mader TL. 1999. A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality to the THI. *J. Prod. Agric.* 12:650-653.
- Jaime-Ceballos B, Cerecedo RC, Villarreal H, López JG, Pérez-Jar L. 2007. Uso de la harina de *Spirulina platensis* como atrayente en el alimento para el camarón *Litopenaeus schmitti*, *Hidrobiológica* 17:113-117
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84:712-719.
- Moreno-Indias I, Sánchez-Macías D, Martínez-de la Puente J, Morales-de la Nuez A, Enrique Hernandez-Castellano L, Castro N, Arguello A. 2012. The effect of diet and DHA addition on the sensory quality of goat kid meat. *Meat Sci.* 90:393–397.
- Mustafa MG, Umino T, Nakagawa H. 1997. Limited synergistic effect of dietary *Spirulina* on vitamin C nutrition of red sea bream, *Pagrus major*. *Journal of Marine Biotechnology* 5:129-132.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

- NRC. 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Tierney AJ, Atema J. 1988. Behavioral responses of cryfish (*Orconectes virilis* and *Orconectes rusticus*) to chemical feeding stimulants. *J. Chem. Ecol.* 14:123-132.
- Turner HG. 1984. Variation in rectal temperature of cattle in a tropical environment and its relation to growth rate. *Anim. Prod.* 38:417-427.
- Young BA, Hall AB. 1993. Heat load in cattle in the Australian environment. In: B. Coombs (Ed.) *Australian Beef*. pp 143-148. Morescope Pty Ltd., Melbourne, Victoria, Australia.
- Zinn RA, Shen, Y. 1996. Influence of Spirulina Supplementation on Digestion and Growth-performance of Feedlot Steers. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science* 47:314-319.
- Zinn RA, Shen Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 76:1280-1289.

Table 1. Treatments effects on 90-d feedlot growth performance, and dietary NE of calf-Holstein steers

Item	Treatments					SEM
	None	Top-dress Water	Top-dress Algae	None vs Water	Water vs Algae	
Pen replications	5	5	5			
Body Weight ¹ , kg						
Initial	289	291	292			2
Final	440	439	453	0.79	0.02	3
ADG, kg/d		1.64	1.79	0.51	0.02	0.04
	1.68					
DMI, kg/d		8.48	8.77	0.61	0.20	0.14
	8.59					
ADG/DMI		0.194	0.205	0.78	0.08	0.004
	0.195					
Dietary NE, Mcal/kg						
Maintenance		2.214	2.295	0.97	0.09	0.030
	2.216					
Gain		1.532	1.602	0.97	0.09	0.027
	1.533					
Observed/Expected NE						
Maintenance		1.020	1.057	0.97	0.09	0.014
	1.021					
Gain		1.026	1.073	0.97	0.09	0.018
	1.027					

¹Initial and final live weights reduced 4% to account for fill.

ARTÍCULO II

Comparative energy value of steam-flaked triticale in growing-finishing diets for feedlot cattle

E. Alvarez^a , B. H. Gutierrez^a , J. Salinas-Chavira^b and R. A. Zinn^{a,c*}

^aInstituto de Investigaciones en Ciencias Agrícolas, UABC, Mexicali, Baja California, México; ^bFacultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT, Cd. Victoria, Tamaulipas, México; ^cDepartment of Animal Science, University of California, Davis, CA, USA

Artículo publicado en: *Journal of Applied Animal Research*, 2015,
<http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2015.1102729>

*Corresponding author. Email: razinn@ucdavis.edu

ABSTRACT

Forty-eight crossbred steers (296 ± 5 kg) were used in a 155-day trial to compare the feeding value of steam-flaked triticale (SFT) with steam-flaked corn (SFC). Dietary treatments were: (1) basal finishing diet (BD), (2) 40% BD plus 60% SFT, and (3) 40% BD plus 60% SFC. Substitution of BD with SFT or SFC increased gain efficiency ($P < .01$), tended to increase average daily gain (ADG) ($P = .07$) and decrease dry matter intake ($P = .11$). The derived net energy for maintenance (NE_m) and net energy for gain (NE_g) values of SFT averaged 2.28 and 1.59 Mcal/kg, respectively. Four steers (442 ± 28 kg) were used in a 4×4 Latin square experiment to determine the effects of replacement of SFC with SFT on digestion. Treatments consisted of a SFC basal diet where SFT replaced 0, 32, 64, and 96% of SFC. Increasing level of SFT decreased total tract digestion of organic matter (OM) (linear component, $P = .03$), acid detergent fiber (ADF) (linear component, $P < .01$), and digestible energy (DE) (linear component, $P < .01$). The replacement DE value for SFT averaged 3.88 Mcal/kg, corresponding to NE_m and NE_g values of 2.18 and 1.50 Mcal/kg, respectively. It is concluded that the replacement net energy (NE) value of SFT is 92–96% that of SFC.

Key Words: Triticale, corn, cattle, performance, digestion

1. INTRODUCTION

Triticale is an inter-generic hybrid between wheat and rye. Its crude protein content, although quite variable (8–24%, Farrell et al. 1983; Royo et al. 1993; Goonewardene

et al. 1994; Wojtkowiak et al. 2014), is generally greater than that of either wheat or rye. Agronomic performance of improved triticale hybrids is comparable to wheat (Royo & Pares 1996). Hill and Utley (1989) observed a 5% decrease in dietary TDN when triticale replaced 50% of cracked corn in a finishing diet for feedlot cattle. However, in a short-term 63-day feeding trial, average daily gain (ADG) and gain efficiency of feedlot heifers were not affected by the replacement. In contrast, Yazdani and Hajilari (2009) in an 83-day feeding trial observed greater ADG and gain efficiency of feedlot steers fed a ground corn-based diet than for those fed a ground triticale-based finishing diet. Prado et al. (2000) in an 84-day feeding period observed that replacement of ground sorghum with 0%, 33%, 66%, or 100% triticale did not affect ADG or gain efficiency of feedlot bulls. Zobell et al. (1990) observed that partial or complete replacement of ground barley with ground triticale did not affect ADG or gain efficiency of feedlot heifers in a trial of 120-day. To our knowledge, there is no published research evaluating the comparative feeding value of steam-flaked triticale (SFT) in finishing diets for feedlot cattle. The objective of the present study was to evaluate the comparative digestible energy (DE) and net energy (NE) value of SFT versus steam- flaked corn (SFC) in growing finishing diets for feedlot cattle.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Trial 1

Forty-eight medium-frame crossbred (approximately 25% Brahman blood with the remainder represented by Hereford, Angus, Shorthorn and Charolais breeds in various proportions) steers with an average weight of 296 ± 5 kg were used in a 155-day trial to evaluate the comparative feeding value of SFT as a partial replacement

for SFC. Composition of the experimental diets is shown in Table 1. Dietary treatments were: (1) basal finishing diet, (2) 40% basal diet plus 60% SFT, and (3) 40% basal diet plus 60% SFC. This treatment design allows for the estimation of the NE value of SFT both directly, using the substitution and indirectly, using the replacement techniques. SFC was prepared by steaming corn at atmospheric pressure (steam chest set at 102°C) before rolling to a mean density of 0.27 kg/L. The retention time of corn in the steam chamber was maintained at approximately 34 min. The SFC was then allowed to air-dry before use in the diet formulation. SFT was prepared in a similar manner, except that retention time of triticale in the steam chamber was approximately 18 min and flake density was 0.26 kg/L. Steers were blocked by weight and allotted to six pens (eight steers/pen, two pens/treatment), equipped with automatic waterers and fence-line feed bunks. Upon initiation of the study and then subsequently at day 56, steers were implanted with Synovex-S (Zoetis Inc., New York, NY). Hot carcass weights (CWs) were obtained from all steers at time of slaughter. Estimates of ADG and energy gain were based on shrunk body weight (SBW), assuming that SBW is 96% of full weight (NRC 1996). Final body weight was adjusted for CW by dividing it by 0.64 (decimal fraction of average dressing percentage, where dressing percentage = $100 \times \text{CW} / \text{SBW}$). The estimation of dietary NE was performed by means of the quadratic formula: $x = (-b + (b^2 - 4ac)^{0.5}) / 2c$, where $x = \text{NE}_m$ (net energy for maintenance), $a = -0.41 \text{ EM}$, $b = 0.877 \text{ EM} + 0.41 \text{ DMI} + \text{EG}$, and $c = -0.877 \text{ DMI}$, where EM (energy required for maintenance, Mcal/day) = $0.077\text{SBW}^{0.75}$, DMI = observed average dry matter intake (kg/day), and $\text{EG} = \text{ADG}^{0.905} \times 0.0606((478/480)\text{SBW}^{0.75})$. Dietary NE_g (net energy for gain) was derived from NE_m by the equation: $\text{NE}_g = 0.877 \text{ NE}_m - 0.41$ (Zinn et al. 2008a). Data were analysed as a completely random design using individual pens as the

experimental unit (Statistix 9, Analytical Software, Tallahassee, FL). Treatment effects were tested using F test statistic for the following orthogonal contrasts: basal vs. basal plus test grain, and SFT vs. SFC.

2.2 Trial 2

Four crossbred steers (442 ± 28 kg) were used in a 4×4 Latin square experiment to determine the effect of SFC replacement with SFT on characteristics of digestion. Compositions of experimental diets are shown in Table 2. Treatments consisted of a SFC basal diet where SFT replaced 0%, 32%, 64%, and 96% of SFC. Chromic oxide (0.40%, dry matter (DM) basis) was included in diets as a digesta marker. Steers were maintained in individual pens (3.9 m^2) with access to water at libitum. DMI was restricted to 5.9 kg/day (1.3% of SBW). Daily feed allowance was offered in equal portions at 0800 and 2000 daily. The four experimental periods consisted of a 10-day diet adjustment period followed by a 4-day collection period. During the collection period faecal samples were taken from all steers, twice daily as follows: day 1, 1050 and 1450; day 2, 0900 and 1500; day 3, 0730 and 1330, and day 4, 0600 and 1200, respectively. Individual samples consisted of approximately 200 g (wet basis) of faecal material. Samples from each steer and within each collection period were composited for analysis. Feed and faecal samples were prepared for analysis by oven-drying at 70°C and then grinding in a laboratory mill. Samples were then oven dried at 105°C until no further weight loss occurred and stored in tightly sealed glass jars. Samples were subjected to the following analysis: DM (oven-drying at 105°C until no further weight loss), ash, Kjeldahl N (AOAC 2000), acid detergent fiber (ADF) (Goering & Van Soest 1970), starch (Zinn 1990), chromic oxide (Hill & Anderson 1958), and gross energy (GE) (adiabatic bomb calorimetry). Faecal excretion of DM

was calculated based on marker ratio using chromic oxide. Treatment effects on digestion were analysed as a 4 × 4 Latin square design. Treatment effects were tested using orthogonal polynomial for linear and quadratic components (Statistix 9, Analytical Software, Tallahassee, FL).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Trial 1

Nutrient composition and test weights of triticale and corn used in this study are shown in Table 3. Compared with tabular values (NRC 1984), triticale used in this study was lower in crude protein (12.1% vs. 17.6%), but similar in ether extract (2.1% vs. 1.7%) and ash (2.1 vs. 2.0). Treatment effects on cattle growth-performance and estimated dietary NE are shown in Table 4. The substitution of basal diet with SFT and SFC increased gain efficiency ($P < .01$), associated with a tendency for increased ADG ($P = .07$) and decreased DMI ($P = .11$). Gain efficiency tended to be greater ($P = .07$) for SFC than for SFT. Substitution of basal diet with SFT and SFC increased ($P < .01$) estimated dietary NE_m and NE_g . Observed dietary NE values of the basal diet and basal diet plus 60% SFC were in close agreement (98% and 101%, respectively) with expected based on diet formulation and tabular values of feed ingredients (Table 1; NRC 1984). There are no previously published studies comparing SFT with SFC in finishing diets for feedlot cattle. In 63-day feeding trial, Hill and Utley (1989) observed that ADG and gain efficiency of feedlot heifers were not affected by the replacement of cracked corn with triticale. In contrast, in an 83-day finishing study, Yazdani and Hajilari (2009) observed greater ADG and gain efficiency of feedlot steers fed a ground corn-based diet than for those fed a ground triticale-based diet. The NE values of SFT can be estimated using both

the substitution and replacement techniques. In the case of the substitution technique, the NE_m and NE_g values for SFT are determined as follows: $NE_{SFT} = (NE_{\text{basal}} + SFT_{\text{diet}} - 0.40 \times NE_{\text{basal}}) / 0.60$, where 0.40 and 0.60 are the proportions of basal diet and SFT, respectively. Accordingly, the NE_m and NE_g values for SFT are 2.29 and 1.60, respectively. In a similar manner, the substitution NE_m and NE_g values for SFC are 2.39 and 1.69, respectively. These values correspond closely with tabular NE values (2.38 and 1.68 Mcal/kg, respectively; NRC 1984), and previous growth-performance trials evaluating the NE value of SFC (2.46 and 1.74, Mcal/kg, respectively; Zinn et al. 2011). Using the replacement technique, the NE_m value of SFT can be determined as follows: $NE_{m, SFT} = 2.38 - (NE_{m, \text{basal}} + SFC_{\text{diet}} - NE_{m, \text{basal}} + SFT_{\text{diet}}) / 0.60$, where 2.38 is the tabular NE_m value for SFC (NRC 1984) and 0.60 is the proportion of grain used in the replacement. Accordingly, the comparative NE_m value of SFT is 2.28 Mcal/kg, and the corresponding NE_g value is 1.59 Mcal/kg. Thus, both approaches (substitution and replacement techniques) corroborate well in estimates of NE values for SFT. Observed dietary NE_m value of the basal diet plus 60% SFT was 7% greater than expected. There are no previously reported studies with which to compare the NE_m and NE_g values for SFT derived in the present study. The NRC (1996) does not provide tabular values for triticale, either dry-processed or steam-flaked. As with other small grains (wheat, oats, and barley), the NRC (1984) likewise does not provide values for SFT. Their tabular NE_m and NE_g values for triticale 'grain' are 2.06 and 1.40 Mcal/kg, respectively, approximately 90% of that derived in the present study. Part of the greater observed NE values for triticale observed in the present study may be attributable to steam-flaking. For example, Zinn (1994) observed that flaking wheat increased its NE_m and NE_g values from 2.18 and 1.50,

respectively, to 2.28 and 1.59 Mcal/kg, respectively. The NE values obtained for steam-flaked wheat in that study closely compare with that of SFT in the present experiment. Consistently, an increase in NE_m and NE_g for steam-flaked vs. dry-rolled has been observed in barley (Zinn 1993), corn (Zinn et al. 1998), and sorghum (Zinn et al. 2008b).

3.2 Trial 2

The influence of SFC replacement with SFT on characteristics of digestion is shown in Table 5. Across treatments, starch digestion averaged 99% and was not affected ($P = .57$) by replacement of SFC with SFT. However, an increasing level of SFT substitution for SFC decreased digestion of organic matter (OM) (linear component, $P = .03$) and ADF (linear component, $P < .01$), but tended to increase apparent N digestion ($P = .09$). Consistently SFC has shown lower total tract N digestion than SFW (Zinn 1992) and SFB (Zinn 1993). This latter effect is expected due to the increasing level of dietary N brought about by the replacement (NRC 1985). The DE value of the 0% SFT supplemented diet (3.63 Mcal/ kg) compared closely with expected (3.66 Mcal/kg) based on diet formulation and tabular values for individual feed ingredients (Table 2). As with Trial 1, the DE value of SFT can be estimated using the replacement technique: $SFT, \text{Mcal/kg} = 4.19 + (DE \text{ SFT diet} - DE \text{ SFC diet})/\text{replacement level}$, where 4.19 is the tabular DE value for SFC (NRC 1984). Accordingly, the DE value for SFT averaged 3.88 Mcal/kg (3.84, 3.93, and 3.88 Mcal/kg, for the 23%, 46%, and 69% replacement levels, respectively). Given that the relationship between DE and NE_m ($NE_m, \text{Mcal/kg} = 0.708 \text{ DE} - 0.568$; NRC 1996), the corresponding NE_m and NE_g values SFT in this trial averaged 2.18 and 1.50

Mcal/kg, respectively, approximately 96% of that observed based on growth-performance in the Trial 1.

4. CONCLUSION

The feeding value of SFT corresponds to 96% the net energy value of SFC. Hence, gain efficiency will be correspondingly lower for SFT than for SFC-based diets.

5. DISCLOSURE STATEMENT

No potential conflict of interest was reported by the authors.

6. REFERENCES

- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 12th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Farell DJ, Chan C, McCrae F, McKenzie RJ. 1983. A nutritional evaluation of triticale with pigs. *Anim Feed Sci Technol.* 9:49–62.
- Goering HK, Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agric. Handbook No 379.* Washington, DC: ARS, USDA.
- Goonewardene LA, ZoBell DR, Basarab JA. 1994. Comparison of growth and feed efficiency of steers fed barley and triticale diets. *Can J Anim Sci.* 74:159–161.
- Hill FN, Anderson DL. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive

- energy determination with growing chicks. *J Nutr.* 64:587–603.
- Hill GM, Utley PR. 1989. Digestibility, protein metabolism and ruminal degradation of Beagle 82 triticale and Kline barley fed in corn-based cattle diets. *J Anim Sci.* 67:1793–1804.
- NRC. 1984. Nutrient requirement of beef cattle. 6th revised ed. Washington, DC: National Academy of Sciences – National Research Council.
- NRC. 1985. Ruminant nitrogen usage. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC. 1996. Nutrient requirement of beef cattle. 7th revised ed. Washington, DC: National Academy of Sciences – National Research Council.
- Prado IN, Nascimento WG, Zeoula LM, Alcalde CR, Medroni S, Vinocur K. 2000. Níveis de Triticale em Substituição ao Milho no Desempenho Zootécnico e Digestibilidade Aparente de Novilhas Nelore Confinadas. *Rev Bras Zootec.* 29:1545–1552.
- Royo C, Montesinos E, Molina-Cano JL, Serra J. 1993. Triticale and other small grain cereals for forage and grain in Mediterranean conditions. *Grass Forage Sci.* 48:11–17.
- Royo C, Pares D. 1996. Yield and quality of winter and spring triticales for forage and grain. *Grass Forage Sci.* 51:449–455.
- Wojtkowiak K, Stępień A, Warechowska M, Konopka I, Klasa A. 2014. Effect of fertilization technique on some indices of nutritional value of spring triticale grain. *J Elem S.* 19: 229–242.
- Yazdani AR, Hajilari D. 2009. Management effect of feeding triticale on the growth performance of crossbred feedlot cattle. *Indian J Anim Res.* 43:183–186.
- Zinn RA. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J Anim Sci.* 66:213–

- Zinn RA. 1990. Influence of steaming time on the comparative feeding value of flaked corn in cattle. *J Anim Sci.* 68:767–775.
- Zinn RA. 1992. Comparative feeding value of supplemental fat in steam- flaked corn- and steam-flaked wheat-based finishing diets for feedlot steers. *J Anim Sci.* 70:2959–2969.
- Zinn RA. 1993. Influence of processing on the comparative feeding value of barley for feedlot cattle. *J Anim Sci.* 71:3–10.
- Zinn RA. 1994. Influence of flake thickness on the feeding value of steamrolled wheat for feedlot cattle. *J Anim Sci.* 72:21–28.
- Zinn RA, Alvarez EG, Montano MF, Plascencia A, Ramirez JE. 1998. Influence of tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle. *J Anim Sci.* 76:2239–2246.
- Zinn, RA, Barreras A, Owens FN, Plascencia A. 2008a. Performance by feedlot steers and heifers: ADG, mature weight, DMI and dietary energetics. *J Anim Sci.* 86:2680–2689.
- Zinn RA, Alvarez EG, Montano M, Salinas-Chavira J. 2008b. Influence of dryrolling and tempering agent addition during the steam-flaking of sorghum grain on its feeding value for feedlot cattle. *J Anim Sci.* 86:916–922.
- Zinn RA, Barreras A, Corona L, Owens FN, Plascencia A. 2011. Comparative effects of processing methods on the feeding value of corn in feedlot cattle. *Nutr Res Rev.* 24:183–190.
- ZoBell DR, Goonewardene LA, Engstrom DF. 1990. Potential of triticale as a feed for finishing heifers. *Can J Anim Sci.* 70:325–328.

Table 1. Composition of experimental diets fed to steers (Trial 1).

	Treatments		
	100% Basal	40% Basal 60% SFT	40% Basal 60% SFC
Ingredients (g/kg, DM basis)			
Alfalfa hay	15.00	6.00	6.00
Sudangrass hay	10.00	4.00	4.00
Steam-flaked corn	60.88	24.35	83.40
Steam-flaked triticale	0	59.05	0
Cottonseed meal	6.55	2.63	1.63
Cane molasses	6.00	2.40	2.40
Limestone	0.80	0.80	0.80
Urea	0	0	1.00
Dicalcium phosphate	0.27	0.27	0.27
Trace mineral salt ^a	0.50	0.50	0.50
Lasalocid, mg/kg	30	30	30
Nutrient composition, DM basis ^b			
NE, Mcal/kg			
Maintenance	2.00	2.02	2.19
Gain	1.35	1.37	1.52
DE, Mcal/kg	3.57	3.61	3.81
Crude protein, g/kg	12.8	12.3	13.1
Ether extract, g/kg	3.6	2.7	3.91
Calcium, g/kg	0.72	0.51	0.50
Magnesium, %	0.20	0.19	0.15
Phosphorus, g/kg	0.36	0.42	0.35
Potassium, g/kg	1.11	0.69	0.63

^aTrace mineral salt contained: CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 0.75%; MnSO₄, 1.07%; KI, 0.052%; and NaCl, 93.4%.

^bBased on tabular values for individual feed ingredients (NRC, 1984) with exception of supplemental fat which was assigned NE_m and NE_g values of 6.03 and 4.79 Mc/kg, respectively (Zinn, 1988).

Table 2. Composition of experimental diets fed to steers (Trial 2).

	Steam-flaked triticale, %			
	0	23	46	69
Ingredients (g/kg, DM basis)				
Alfalfa hay	10.50	10.50	10.50	10.50
Sudangrass hay	7.00	7.00	7.00	7.00
Steam-flaked corn	71.75	48.75	25.75	2.75
Steam-flaked triticale	0	23.00	46.00	69.00
Cottonseed meal	4.10	4.10	4.10	4.10
Cane molasses	4.20	4.20	4.20	4.20
Limestone	0.80	0.80	0.80	0.80
Dicalcium phosphate	0.27	0.27	0.27	0.27
Trace mineral salt ^a	0.50	0.50	0.50	0.50
Urea	0.48	0.48	0.48	0.48
Chromic oxide	0.40	0.40	0.40	0.40
Lasalocid, mg/kg	30	30	30	30
Nutrient composition, DM basis ^b				
NE, Mcal/kg				
Maintenance	2.07	2.00	1.93	1.85
Gain	1.42	1.36	1.29	1.23
DE, Mcal/kg	3.66	3.57	3.48	3.39
Crude protein, g/kg	12.9	13.5	14.1	14.7
Ether extract, g/kg	3.7	3.2	2.7	2.2
Ash	6.0	6.0	6.0	6.0

^aTrace mineral salt contained: CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 0.75%; MnSO₄, 1.07%; KI, 0.052%; and NaCl, 93.4%.

^bBased on tabular values for individual feed ingredients (NRC, 1984) with exception of supplemental fat which was assigned NE_m and NE_g values of 6.03.2 and 4.79 Mcal/kg, respectively (Zinn, 1988).

Table 3. Nutrient composition of triticale and corn used in Trials 1 and 2.

Item	Triticale	Corn
Dry matter, %	93.8	90.2
Ash, %	2.1	1.3
ADF, %	3.8	3.0
Ether extract, %	2.1	3.8
Starch, %	67.1	72.9
Crude protein, %	12.1	9.7
Test weight, kg/L		
Whole	0.67	0.72
Steam-flaked	0.26	0.27

Table 4. Treatment effects on growth-performance of feedlot steers and NE value of the diet (Trial 1).

	Treatments			<i>P-value</i>		SEM
	100% Basal	40% Basal 60% SFT	40% Basal 60% SFC	Basal vs SFT, SFC	SFT vs SFC	
Days on test	155	155	155			
Initial weight, kg ^a	294	293	302	.46	.18	4
Final weight, kg ^a	466	474	497	.01	.01	3
Carcass weight	298	303	317	.01	.01	2
ADG (kg)	1.11	1.17	1.26	.07	.14	
						0.03
DMI (kg/d)	7.74	7.16	7.42	.11	.34	
						0.16
ADG/DMI				<.01	.07	
	0.144	0.164	0.169			0.001
Diet NE _m	1.96	2.16	2.22	<.01	.20	
(Mcal/kg)						0.02
Diet NE _g (Mcal/kg)	1.31	1.49	1.54	<.01	.20	
						0.02
Observed/expected dietary NM						
Maintenance	0.98	1.07	1.01	.04	.01	0.01
Gain	0.99	1.09	1.02	.04	.01	0.01

^aInitial and final weight were reduced 4% to adjust for digestive tract fill. Final weight carcass adjusted (CW/0.64, average dressing percentage).

Table 5. Treatment effects on characteristics of digestion.

	SFT (%)				<i>P- value</i>		SEM
	0	23	46	69	Linear	Quadratic	
Intake (g/day)							
DM ^a	5826	5864	5870	5893	.04	0.69	17
OM	5530	5552	5559	5571	.11	0.77	15
ADF	656	663	656	647	.48	0.41	10
Starch	3039	2846	2859	2795	<.01	0.07	28
N	109	120	127	136	<.01	0.47	1
GE, Mcal	25.7	25.6	24.3	25.3	<.01	0.73	0.1
Fecal excretion (g/day)							
OM	843	919	894	986	.02	0.79	30
ADF	367	394	386	433		0.35	10
					<.01		
Starch	23.1	27.1	22.6	24.7	.97	0.72	2.4
N	22.0	24.6	22.8	24.0	.47	0.57	1.2
GE, Mcal	4.53	4.85	4.70	5.16	.06	0.70	0.2
Total tract digestibility(%)							
OM	84.8	83.4	83.9	82.3	.03	0.79	0.5
ADF				33.1		0.27	1.2
	44.0	40.6	41.0		<.01		
Starch	99.2	99.0	99.2	99.1	.59	0.57	0.1
N	79.8	79.5	82.0	82.3	.09	0.80	1.1
DE, %	82.4	81.1	81.5	79.6	.04	0.71	0.7
DE, Mcal/kg				3.42		0.94	0.03
	3.63	3.55	3.51		<.01		

^aDry matter intake was restricted to 1.3% of BW daily.